



Benchmarking klimaatadaptatie

Onderzoek naar progressie van
klimaatadaptatie van de
Nederlandse provinciehoofdsteden

Gerrelt Bronkhorst
13-06-2022

Benchmarking klimaatadaptatie

*Onderzoek naar progressie van klimaatadaptatie van de
Nederlandse provinciehoofdsteden*



Auteur: Gerrelt Bronkhorst
Studentnummer: 19797
E-mail: gerrelt.bronkhorst@hvhl.nl
E-mail: gerrelt.bronkhorst@anteagroup.nl

Onderwijsinstelling: Van Hall Larenstein
Adres: Larensteinseweg 26A
Studie: Land- en Watermanagement
Onderdeel: Afstuderen, bachelor voltijd
Begeleidend docent: Peter Groenhuijzen
E-mail: peter.groenhuijzen@hvhl.nl

Opdrachtgever: Antea Group, businesslijn Stad en Klimaat
Afstudeerbegeleider: Janna Sinke
E-mail: janna.sinke@anteagroup.nl

Uddel, 13-06-2022

Voorwoord

Mijn naam is Gerrelt Bronkhorst en momenteel ben ik vierdejaarsstudent Land- en Watermanagement aan het Van Hall Larenstein in Velp. Het laatste semester van mijn studie bestond uit het afstuderen. Tijdens mijn afstudeerperiode ben ik werkzaam geweest bij Antea Group, een ingenieurs- en adviesbureau die is gespecialiseerd in full-service oplossingen op het gebied van milieu, infrastructuur, stedenbouw en water.

Bij Antea Group heb ik een onderzoek uitgevoerd naar de progressie in klimaatadaptatie van de Nederlandse provinciehoofdsteden. Het onderzoeksverslag dat ik aan de hand hiervan heb geschreven, ligt momenteel voor u.

Ik vond het een leerzaam en verrijkend halfjaar en wil via deze weg mijn speciale dank doen uitgaan naar Antea Group als opdrachtgever; Janna Sinke, mijn externe afstudeerbegeleider die mij gedurende mijn afstudeerperiode met raad en daad terzijde heeft gestaan; Rienk de Lange, teammanager; Timon Bruggema, projectmanager; Henk Rozeboom die een interessante onderzoekswijziging voorstelde; Vincent Verdonk, de GEE-expert met wie ik talloze uurtjes in Teams heb vergaderd; Peter Groenhuijzen, mijn interne afstudeerbegeleider die vele ondersteunende colleges heeft gegeven en mij met inhoudelijke feedback heeft overladen; en tenslotte mijn studiegenoten, die mij gedurende het onderzoek hebben gestimuleerd door het tonen van interesse en het geven van handzame tips. Daarnaast gaat mijn dank uit naar eenieder die zijdelings betrokken is geweest bij mijn onderzoek. Mede dankzij hen heb ik dit onderzoek naar tevredenheid kunnen afronden.

Gerrelt Bronkhorst
Uddel, 13 juni 2022

Samenvatting

Het klimaat verandert. Adaptatie aan het veranderende klimaat is essentieel om de zich steeds duidelijker aftekenende effecten het hoofd te kunnen bieden. Steden spelen een centrale rol in het klimaatadaptief maken van de openbare ruimte, aangezien zij een aanzienlijk deel van deze ruimte beheren. Steden zijn echter niet allemaal even ver met het klimaatbestendig maken van de leefomgeving, terwijl extra maatregelen wél hard nodig zijn om deze duurzaam, klimaatrobuust en toekomstbestendig te maken. Het benchmarken van de progressie in klimaatadaptatie van de Nederlandse provinciehoofdsteden in een periode van vijf jaar zou de klimaatadaptatie een impuls kunnen geven. De benchmark dient hierbij als startpunt bij het aangaan van het gesprek tussen de betrokken steden, ten behoeve van verdere verduurzaming van de leefomgeving.

Om eenduidigheid bij het vergaren van kwantitatieve data te garanderen, is allereerst een inkadering gemaakt van de term *klimaatadaptatie*. Hiertoe is desktopstudie uitgevoerd naar relevante beleidsdocumenten en is, door middel van een brainstormsessie met 'vertegenwoordigers klimaatadaptatie' van de Nederlandse provinciehoofdsteden, de praktische uitwerking van klimaatadaptatie belicht. Aan de hand van de uitkomsten hiervan is klimaatadaptatie voor dit onderzoek gedefinieerd: *klimaatadaptatie omvat alle maatregelen die worden genomen om de gevolgen van klimaatverandering, waaronder toename van piekbuien, toename van extreme hitte en toename van perioden van droogte, te reduceren.*

Een volgende stap betrof het achterhalen van geschikte indicatoren die klimaatadaptatieve maatregelen volgens de gehanteerde categorieën 'reduceren gevoeligheid voor piekbuien', 'reduceren gevoeligheid voor extreme hitte' en 'reduceren gevoeligheid voor perioden met droogte' representeren. Dit bleken reguliere wadi's, beplante wadi's, oppervlaktewaterberging & infiltratie, waterbergingsgebieden, groene daken, waterpleinen en het aantal ontsteningsprojecten van Stichting Steenbreek. Naar aanleiding van de uitkomsten van de brainstormsessie is tevens de meekoppelkans 'vergroten biodiversiteit' meegewogen. Vervolgens zijn geschikte technieken achterhaald aan de hand waarvan klimaatadaptatie volgens de achterhaalde indicatoren meetbaar kan worden gemaakt. Hiertoe is gebruikgemaakt van expert judgement binnen Antea Group en is daarnaast desktopstudie uitgevoerd. Uiteindelijk zijn ClimateScan en Google Earth Engine geschikt bevonden voor de onderzoeksopgave. Eerstgenoemde is een opensourceplatform waarop klimaatadaptatieve maatregelen kunnen worden ingevoerd. Met behulp van ClimateScan is het aantal tussen 2017 en 2021 geregistreerde objecten achterhaald die de indicatoren representeren. Daarnaast is in Google Earth Engine (GEE) een innovatief script geschreven waarmee oppervlaktes water, verharding- en groenoppervlak voor 2017 en 2021 zijn achterhaald. De oppervlaktes water, verharding en groen staan hierbij voor de oppervlaktes gereflecteerd licht volgens de gehanteerde kleurbandbreedte; dit betreft dus niet noodzakelijkerwijs een absolute oppervlakte van de betreffende klassen. Met de uitkomsten van ClimateScan en de GEE-analyse kon de benchmark worden opgesteld. Ten behoeve van een integrale vergelijking zijn de ruwe resultaten allereerst relatief gemaakt, waarna er wegingen aan zijn gekoppeld. Vervolgens zijn deze met elkaar vermenigvuldigd, wat leidde tot diverse scores. De provinciehoofdstad Utrecht heeft volgens de gehanteerde onderzoeksmethodiek in de periode 2017-2021 de meeste progressie geboekt in het klimaatadaptief maken van de openbare ruimte.

De benchmark is op basis van kwantitatieve, openbare data samengesteld, waarbij een tweetal technieken is ingezet: ClimateScan en GEE. Dit bleken tijdens de onderzoeksperiode de meest geschikte technieken te zijn voor de verwerking van de beschikbare, openbare data. Het is echter discutabel deze onderzoeksmethode aan te merken als meest geschikt voor het opstellen van de benchmark, aangezien de betrouwbaarheid van de huidige, grofmazige analyse niet kan worden gegarandeerd. Vanwege de kenmerkende opzet van ClimateScan is deze niet optimaal te noemen voor het doel waartoe het momenteel is gebruikt. Ditzelfde geldt voor de Google Earth Engine techniek: het bevat interessante aanknopingspunten voor verdere analyse, maar is momenteel dusdanig grofmazig dat ook deze niet geschikt is te noemen voor het doel waartoe het momenteel is gebruikt. Kortom: dit onderzoek vormde slechts een aanzet om te komen tot een passende methodiek voor het inzichtelijk maken van progressie in klimaatadaptatie.

Naast de discutabele betrouwbaarheid van de benchmark staat het de vraag of de in dit onderzoek gestelde onderzoeksvraag wel aansluit bij de opgave die er ligt vanuit de maatschappij. In een brainstormsessie met 'vertegenwoordigers klimaatadaptatie' van de Nederlandse provinciehoofdsteden werd de vraag gesteld of een benchmarking van de progressie in klimaatadaptatie in een bepaalde periode wel een geschikt middel is om de klimaatadaptatie een impuls te geven, wat het doel was van dit onderzoek. Het bleek dat de behoefte vanuit de provinciehoofdsteden niet direct ligt bij een antwoord op de vraag waar andere steden liggen met het klimaatadaptief worden van de openbare ruimte, maar vooral bij een methode aan de hand waarvan kan worden getoetst of alle inspanningen op het gebied van klimaatadaptatie daadwerkelijk leiden tot het beoogde doel. Deze vraag vormt een interessant aanknopingspunt voor eventueel vervolgonderzoek. Desalniettemin vormt de huidige benchmark een geschikt startpunt voor het aangaan van het gesprek met de betrokken steden ten behoeve van verdere verduurzaming van de leefomgeving.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Opgave	7
1.3	Doel	8
1.4	Beroepsproduct	8
1.5	Leeswijzer	8
2	Programma van eisen	9
2.1	Randvoorwaarden	9
2.2	Eisen en wensen	9
2.3	Uitgangspunten	10
3	Klimaatadaptatie meten	11
3.1	Definiëring klimaatadaptatie	11
3.2	Indicatoren	16
4	Onderzoeksmethodiek	21
4.1	Definiëren klimaatadaptatie	21
4.2	Vergaren data	22
4.3	Verwerken data	26
4.4	Analyseren resultaten	28
4.5	Reflecteren op resultaten	28
5	Onderzoeksresultaten ClimateScan en GEE	29
5.1	Gegevens kwantitatieve dataverzameling	29
5.2	Dataverwerking	29
5.3	De ranglijst	30
6	Validiteit, betrouwbaarheid en relevantie	32
6.1	Gevalideerde inkadering van klimaatadaptatie	32
6.2	Openbare databronnen onvolledig	32
6.3	Relevantie resultaten	34
7	Aanbevelingen	35
7.1	Verbeteren onderzoeksmethodiek	35
7.2	Focus op ontwikkeling	35
7.3	Vervolgstappen	36
	Bronnen	37
	Bijlagen	41
	Bijlage I: Uitwerking brainstormsessie 1	42

Bijlage II:	Script Google Earth Engine	46
Bijlage III:	Ruwe data ClimateScan	52
Bijlage IV:	Ruwe data Google Earth Engine	56
Bijlage V:	Uitwerking brainstormsessie 2	62
Bijlage VI:	Percentage objecten ClimateScan per provinciehoofdstad	65
Bijlage VII:	Aanvulling script voor filteren buurten	66

1 Inleiding

In dit hoofdstuk is allereerst de aanleiding van dit onderzoek beschreven. Daarna is ingegaan op de opgave, welke is te scheiden in een maatschappelijke opgave én in een opgave van de opdrachtgevende organisatie. Daarnaast volgt een beschrijving van het beoogde resultaat en is afgesloten met een leeswijzer.

1.1 Aanleiding

Het klimaat verandert, wat wereldwijd grote veranderingen met zich meebrengt (IPCC, 2022). In de publicatie van het IPCC worden drie aspecten van klimaatverandering genoemd die nu al elke regio over de hele wereld treffen: hitte-extremen, hevige neerslag en agrarische en ecologische droogte. Volgens het Klimaatsignaal'21 (KNMI, 2021) valt in Nederland, naast deze onmiskenbare weersextremen, een onomstotelijke trend waar te nemen: de zomers worden droger en warmer, de winters natter, de zeespiegel stijgt. De gevolgen van klimaatverandering zullen rechtstreeks de fysieke en mentale gezondheid van de mensheid treffen: mensen kunnen schade lijden onder hittestress, extreme droogte, et cetera. Mitigatie van klimaatverandering en adaptatie aan een veranderend klimaat zijn noodzakelijk om de klimaatverandering te beperken dan wel te ondervangen. Volgens het meest recente IPCC-rapport kunnen we namelijk alleen met drastische en grootschalige maatregelen de temperatuurstijging beperken tot ruim onder de 2 graden, het doel dat gesteld is in het VN-Klimaatakkoord van Parijs (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021; FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, z.d.). Momenteel is er echter vaak onvoldoende maatschappelijke bekendheid met oplossingen op het gebied van klimaatadaptatie, waardoor de implementatie van maatregelen dikwijls te langzaam gaat (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2019). Om de gestelde doelstelling te behalen, is meer actie met betrekking tot het adapteren aan het veranderende klimaat vereist op diverse niveaus, waaronder op stedelijk niveau. Steden spelen namelijk een centrale rol in het klimaatadaptief maken van de openbare ruimte, aangezien zij een groot deel van die ruimte beheren. Steden zijn niet allemaal even ver met het klimaatbestendig maken van publieke en private ruimte, terwijl extra maatregelen wél hard nodig zijn om de doelstellingen te kunnen behalen.

1.2 Opgave

Klimaatadaptatie kan in vele categorieën uiteengezet worden, zoals in beleidsmatige verankering van klimaatdoelstellingen, de indeling van de openbare en particuliere ruimte en de mate van menselijke gezondheid. Door provinciehoofdsteden te rangschikken op progressie van deze categorieën in een bepaalde periode, kunnen men zien hoeveel vooruitgang een stad heeft geboekt in het klimaatadaptief worden en kunnen de steden leren van elkaar. De ranglijst zou namelijk nuttig kunnen zijn voor het sturen en evalueren van beleid dat door lokale autoriteiten op het gebied van klimaatadaptatie wordt opgesteld (Sáez, Heras-Saizarbitoria, & Rodríguez-Núñez, 2020). Het maatschappelijke doel van dit onderzoek is daarom dat een ranglijst van de progressie in klimaatadaptatie in een bepaalde periode een extra stimulans vormt bij het klimaatbestendig maken van de publieke en private ruimte. In soortgelijk, eerder uitgevoerd onderzoek werd het belang van dat onderzoek als volgt verwoord: "Het opstellen van een klimaatadaptatieranglijst kan gemeenten stimuleren tot het maken van beleid en als routekaart voor duurzame ontwikkelingen dienen" (Antea Group, 2021).

De opdrachtgever, Antea Group, wil kennis bundelen ten behoeve van het toekomstbestendig maken van delta's (Antea Group, 2022). Het benchmarken van de mate waarin de Nederlandse

provinciehoofdsteden in een bepaalde periode progressie hebben geboekt in het klimaatadaptief worden, draagt wezenlijk bij aan deze missie. Daarnaast moet in het oog worden gehouden dat Antea Group als commercieel bedrijf een winstoogmerk heeft. Er kan worden gesteld dat het doel van Antea Group met dit onderzoek is om, door middel van het uitbrengen van een artikel, naamsbekendheid te verwerven. In het artikel kan namelijk worden vermeld hoe Antea Group zich bezighoudt met klimaatadaptatie en welke oplossingen zij te bieden heeft. Op deze manier werkt het artikel – dat feitelijk voortvloeit uit de ranglijst – als een promotiemiddel voor het bedrijf.

1.3 Doel

In opdracht van Antea Group is reeds onderzoek uitgevoerd naar de klimaatadaptatie van de Nederlandse gemeenten op een statisch moment (Antea Group, 2021), waarbij voornamelijk openbare data zijn verzameld van 2020. De onderzoeksresultaten hiervan waren nog niet geschikt voor publicatie. Het doel van dit onderzoek was om de resultaten van het vooronderzoek nader uit te werken, beter te onderbouwen en geschikt te maken voor publicatie.

1.4 Beroepsproduct

Het beroepsproduct bestaat uit twee componenten: een goeddoordachte rangschikking van de mate waarin de Nederlandse provinciehoofdsteden vooruitgang hebben geboekt op het gebied van klimaatadaptatie in een periode van vijf jaar; én een hieruit voortvloeiend artikel dat door Antea Group kan worden gepubliceerd. In dit artikel is achtereenvolgens de aanleiding verwoord, de gehanteerde methodiek beknopt uiteengezet en de hoogst-scorende provinciehoofdstad aangewezen.

1.5 Leeswijzer

In dit onderzoeksrapport volgt in hoofdstuk twee een programma van eisen, waarna in hoofdstuk drie wordt ingegaan op het theoretische kader rondom klimaatadaptatie. Hier wordt de term ingekaderd voor het huidige onderzoek en worden relevante categorieën en indicatoren opgesomd aan de hand waarvan klimaatadaptatie op een kwantitatieve manier meetbaar kan worden gemaakt. Hoofdstuk vier bestaat uit een beschrijving van de onderzoeksmethodiek, waarna hoofdstuk vijf de resultaten van het kwantitatieve onderzoek bevat. In hoofdstuk zes worden de validiteit van de onderzoeksmethodiek en de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten getoetst, waarna hoofdstuk zeven afsluit met een aantal aanbevelingen die betrekking hebben op vervolgstappen.

2 Programma van eisen

In dit hoofdstuk is ingegaan op de gehanteerde randvoorwaarden, de eisen en wensen die zijn gesteld door de opdrachtgever en aanvullende uitgangspunten voor nadere afbakening van het onderzoek.

2.1 Randvoorwaarden

Voortborduren op vooronderzoek uit 2021

Antea Group heeft de randvoorwaarde meegegeven dat de klimaatadaptatie van vooraf afgebakende, Nederlandse deelgebieden zou moeten worden gebenchmarkt. In opdracht van Antea Group is in 2021 reeds vooronderzoek uitgevoerd naar de mate van klimaatadaptatie van de Nederlandse gemeenten (Antea Group, 2021). Het vooronderzoek bestond uit een kwantitatieve analyse: er zijn verschillende databronnen aangesproken en hieruit is relevante informatie gedestilleerd ten behoeve van het opstellen van de ranglijst. In aansluiting hierop is bij het huidige onderzoek de randvoorwaarde meegegeven dat voortgeborduurd zou moeten worden op het reeds uitgevoerde onderzoek. Daartoe zijn alle bij het vooronderzoek gebruikte data voor het huidige onderzoek beschikbaar gesteld: achtergrondinformatie, ruwe data, tussenproducten en het opgeleverde resultaat. Deze informatie zou bij het huidige onderzoek kunnen worden gebruikt.

Gebruik maken van openbare databronnen

Daarnaast waren openbare databronnen beschikbaar om, zo nodig, onvolledige data te kunnen aanvullen. De openbare databronnen waren van belang voor de kwantitatieve analyse van de progressie in klimaatadaptatie. Welke data precies van belang zouden zijn, daar zou gedurende het opstellen van de onderzoeksmethodiek achter gekomen moeten worden.

2.2 Eisen en wensen

Benchmarken progressie klimaatadaptatie

Zoals hierboven is te lezen, was de randvoorwaarde van Antea Group bij het huidige onderzoek dat de progressie van klimaatadaptatie van bepaalde deelgebieden zou worden gebenchmarkt. Hoe dat zou moeten gaan plaatsvinden, daar werden geen criteria voor meegegeven. Dit hield in dat een methodiek die geschikt is voor het oplossen van de opgave van dit onderzoek gedurende het onderzoeksproces zou worden opgesteld. Dit betekent dat de vraag hoe het onderzoek zou worden ingestoken op voorhand niet relevant was; het resultaat was belangrijker dan een strakke inkadering van de weg daartoe. Daar zou gedurende het onderzoek achter gekomen moeten worden door middel van zogenoemd *trial and error*.

Onderbouwde methode

Een vereiste bij dit onderzoek was dat de benchmarking van klimaatadaptatie op een goed onderbouwde manier zou plaatsvinden. Hierboven is genoemd dat de onderzoeksmethodiek tijdens het onderzoek zou moeten worden opgebouwd, een eis hierbij was dus wel dat alle stappen logisch zijn en dat de gemaakte afbakeningen navolgbaar en verdedigbaar zijn.

Artikel

Het artikel, waarin deze bevindingen zouden worden verwerkt, zou moeten bestaan uit twee tot drie A4'tjes. Het betreft een conceptartikel voor intern gebruik.

2.3 Uitgangspunten

Definitie klimaatadaptatie

Klimaatadaptatie, dat is een breed begrip. Talloze zaken zijn eronder te scharen. Een uitgangspunt bij dit onderzoek was dat de term *klimaatadaptatie* expliciet zou moeten worden gedefinieerd, om daarmee te voorkomen dat het onderzoek te breed zou worden ingestoken. Daarom is als uitgangspunt gesteld dat de term *klimaatadaptatie* zou worden gedefinieerd aan de hand van literatuuronderzoek én aan de hand van de uit een brainstormsessie voortgekomen input. Bij het theoretisch kader in hoofdstuk 3.1 is hierop nader ingegaan.

Opzetten geschikte onderzoeksmethodiek

Daarnaast zou in samenspraak met vak-experts binnen Antea Group een geschikte methodiek achterhaald worden, waarmee *klimaatadaptatie* volgens de opgestelde definitie inzichtelijk zou kunnen worden gemaakt. Hiertoe zouden een nader te bepalen aantal interviews worden ingepland met die experts. Aan de hand van de uitkomsten van deze interviews zou dan een passende onderzoeksmethodiek worden opgezet.

Focus op provinciehoofdsteden

Het oorspronkelijke plan voor het huidige onderzoek was om verder te werken aan het vooronderzoek, waarbij de progressie van klimaatadaptatie inzichtelijk zou worden gemaakt over een periode van vijf jaar, namelijk 2017 tot en met 2021. De resultaten van dit onderzoek zouden zoveel mogelijk geschikt gemaakt worden voor publicatie.

Al vrij snel na de start van het onderzoek is de focus echter bijgesteld van de Nederlandse gemeenten naar de Nederlandse provinciehoofdsteden. Dit had de volgende redenen:

- ✓ **Beperkte onderzoeks-tijd**
De onderzoeksperiode was te kort om voldoende informatie te verzamelen van alle Nederlandse gemeenten.
- ✓ **Meer detailniveau mogelijk**
Door het aantal te onderzoeken deelgebieden te reduceren, werd verondersteld dat de kans op het kunnen opstellen van een betrouwbare onderzoeksmethodiek en, daaraan gekoppeld, het kunnen komen tot betrouwbare resultaten, zou worden vergroot. De dataverzameling zou namelijk op een groter detailniveau kunnen plaatsvinden.
- ✓ **Kwantitatief onderzoek mogelijk**
Door het inkaderen van de onderzoeksscope zou, naast kwantitatief onderzoek, ook kwalitatief onderzoek zou kunnen worden uitgevoerd. Ten behoeve van het opstellen van een definitie van klimaatadaptatie is namelijk een brainstormsessie uitgevoerd, terwijl, na de uitvoering van het kwantitatieve onderzoeksgedeelte, in een vervolgssessie de onderzoeksmethodiek en -resultaten zijn gedeeld en besproken.

3 Klimaatadaptatie meten

Klimaatadaptatie is een breed begrip. Inkadering van de term is vereist om het huidige onderzoek niet te breed te laten worden. Het doel van dit hoofdstuk is het geven van een theoretisch kader inzake het begrip *klimaatadaptatie*. Hiertoe is allereerst het begrip gedefinieerd voor het huidige onderzoek. Daarnaast is ingegaan op categorieën met bijbehorende indicatoren die worden gebruikt als maatstaf bij het meetbaar maken van klimaatadaptatie. Kortom: in dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de volgende vragen:

- ✓ Wat wordt voor het huidige onderzoek verstaan onder *klimaatadaptatie*?
- ✓ Welke indicatoren zijn passend voor het inzichtelijk maken van klimaatadaptatie volgens de opgestelde definitie?

Dit hoofdstuk valt in twee paragrafen uiteen. In de eerste paragraaf is de eerste vraag beantwoord. Hiertoe is allereerst onderzocht wat in algemene zin kan worden verstaan onder het begrip 'klimaatadaptatie'. Vervolgens volgt een definiëring van het begrip 'klimaatverandering', aan de hand waarvan *klimaatadaptatie* voor het huidige onderzoek wordt ingekaderd. In de tweede paragraaf is de tweede vraag beantwoord, waarbij voor dit onderzoek geschikte indicatoren zijn achterhaald waarmee klimaatadaptatie op kwantitatieve wijze meetbaar kan worden gemaakt.

3.1 Definiëring klimaatadaptatie

3.1.1 Klimaatadaptatie in algemene zin

Klimaatadaptatie betekent letterlijk 'adapteren aan het klimaat'. In het rapport 'Impacts, adaptation and vulnerability' van het IPCC (2007) wordt adaptief vermogen gedefinieerd als "het vermogen van een systeem om zich aan te passen aan klimaatverandering (inclusief klimaatvariabiliteit en extremen), om mogelijke schade te matigen, om kansen te benutten of om te gaan met de gevolgen". Klimaatadaptatie kan, meer concreet, worden gedefinieerd als "aanpassing in ecologische, sociale of economische systemen als reactie op feitelijke of verwachte klimatologische stimuli en hun effecten of impact" (Smit B, 1999). Kenmerkend voor klimaatadaptatie is het activistische aspect ervan: "We kunnen het ons eenvoudigweg niet veroorloven om passief af te wachten" (Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns, 2011). Geen passiviteit betekent actie: het aanpassen aan het veranderende klimaat, met als doel weersextremen beter het hoofd te kunnen bieden.

In het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie "staan alle projecten en maatregelen die ervoor zorgen dat Nederland in 2050 waterrobuust en klimaatbestendig is ingericht" (Deltaprogramma, z.d.). In dat Deltaplan is aangegeven "hoe gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk het proces van ruimtelijke adaptatie willen



Figuur 1: 7 ambities voor een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting van Nederland (Deltaprogramma, z.d.)

versnellen en intensiveren". Hiervoor zijn zeven ambities opgesteld (zie Figuur 1), waarvan de eerste het in beeld brengen van de kwetsbaarheden betreft. Een essentieel startpunt bij adapteren aan het veranderende klimaat is namelijk het inzichtelijk maken van de knelpunten als gevolg van klimaatverandering. In Nederland zijn deze knelpunten geïdentificeerd met behulp van klimaatstresstesten. Tijdens de uitvoering van de klimaatstresstest worden, aan de hand van een ruimtelijke systeemanalyse, kwetsbaarheden achterhaald die zijn veroorzaakt door klimaatverandering. Alle Nederlandse gemeenten en andere overheden moesten uiterlijk in 2019 een klimaatstresstest uitvoeren (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.). Wanneer deze kwetsbaarheden helder zijn, kan hierop worden geanticipeerd. In de klimaatstresstest wordt onderscheid gemaakt in 4 aspecten van klimaatverandering, te weten:

- ✓ toename van piekbuien
- ✓ toename van extreme hitte
- ✓ toename van perioden met droogte
- ✓ stijgende zeespiegel

3.1.2 Definiëring klimaatverandering

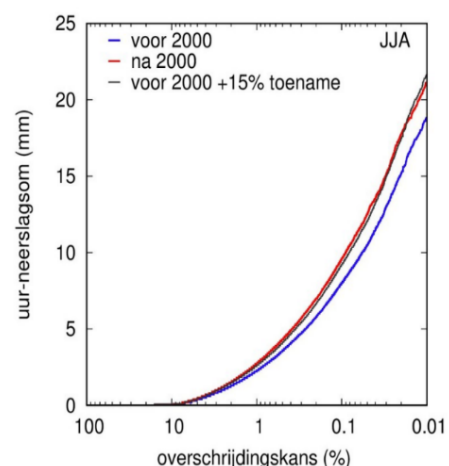
Voordat een beschrijving volgt van de maatregelen waarmee de bovengenoemde aspecten van klimaatverandering kunnen worden ondervangen, is het essentieel nader uit te zoeken wat er precies wordt verstaan onder deze aspecten van klimaatverandering. Op basis hiervan zijn vervolgens maatregelen achterhaald die dienen om de gevolgen van de beschreven klimaatverandering te reduceren.

Toename van piekbuien

De gemiddelde temperatuur in Nederland stijgt (KNMI, 2021). Warme lucht kan meer waterdamp bevatten dan koude lucht, wat resulteert in meer extreme buien. Volgens het KNMI (z.d.) zijn over het algemeen de neerslagextremen de afgelopen 50-100 jaar toegenomen (zie Figuur 2). Hieraan gelieerd – in combinatie met een grote hoeveelheid verstedelijking in stedelijke gebieden – is het gegeven dat de kans op wateroverlast toeneemt. Het Kennisportaal Klimaatadaptatie (z.d.) maakt onderscheid in drie typen wateroverlast:

- ✓ Wateroverlast door kortdurende hevige neerslag (vaker in de zomer)
- ✓ Wateroverlast door langdurige neerslag (meestal in de winter)
- ✓ Grondwateroverlast

Of er daadwerkelijk sprake is van wateroverlast, is afhankelijk van de omgeving waarin de heftige neerslag valt. In landelijk gebied zal er minder snel sprake zijn van wateroverlast dan in stedelijk gebied, aangezien neerslag in landelijk gebied over het algemeen onder vrij verval kan afstromen naar oppervlaktewater. In stedelijk gebied echter wordt neerslag meestentijds afgevoerd richting het riool. Gemengd riool is in de praktijk ontworpen op een afvoercapaciteit van maximaal 20 tot 30

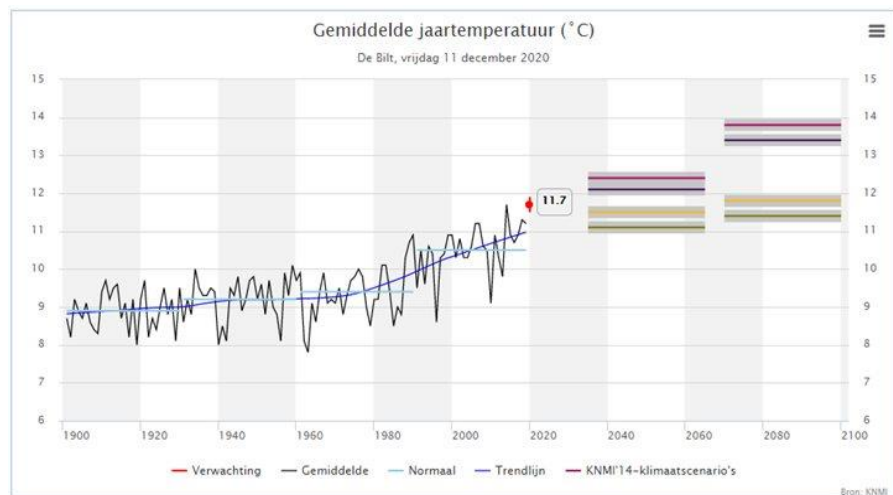


Figuur 2: Overschrijdingskans in de zomer (juni t/m augustus) van de uurlijks neerslagsom gemeten voor 2000 (blauw) en na 2000 (rood) op KNMI-stations (KNMI, z.d.)

mm/uur (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.). Wanneer het harder regent, komt water op straat te staan; en “wanneer water bijvoorbeeld gebouwen instroomt of belangrijke doorgangswegen onbegaanbaar maakt, is sprake van wateroverlast”. Evenzo kan grondwater de overlast-veroorzakende factor zijn: wanneer er veel neerslag is gevallen, de grondwaterstand is gestegen en als gevolg daarvan het regenwater niet meer kan infiltreren en het water dat op het land blijft staan schade veroorzaakt aan landbouwgrond of aan natuurgrond. Daarnaast kan een hoge grondwaterstand schade veroorzaken aan gebouwen. De grondwaterstand zal tevens meer fluctueren en als gevolg daarvan zal paalrot op in binnensteden een groter probleem worden (Martine Coevert Advies, 2019).

Toename van extreme hitte

In de vorige paragraaf is al aangestipt dat de gemiddelde temperatuur stijgt (zie ook Figuur 3). Uit de KNMI'14-klimaatscenario's blijkt dat naast een stijging van de gemiddelde temperatuur ook de kans op hitte-extremen toeneemt (KNMI; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015). De gevolgen van deze hitte-extremen zijn in stedelijk gebied sterker waarneembaar dan op het platteland. In stedelijke omgeving gaan



Figuur 3: Grafiek toont de gemiddelde jaartemperatuur tussen 1901 en 2020, en de vier KNMI'14 klimaatscenario's voor 2050 en 2085 (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.)

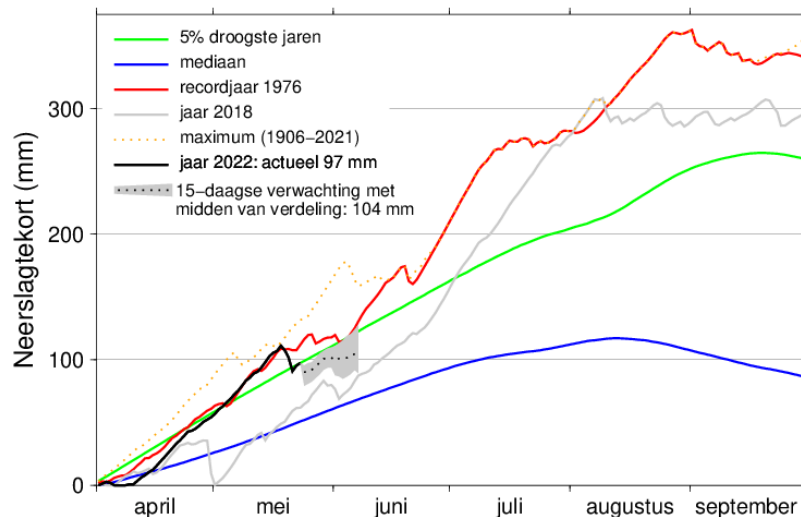
“veranderingen van het klimaat en de luchtkwaliteit samen met de effecten van het zogeheten ‘stedelijk warmte-eiland’, waarmee wordt bedoeld dat het in stedelijke gebieden warmer is dan in de landelijke gebieden. (...) Daardoor worden de drempelwaarden voor hittestress in stedelijk gebied veel vaker overschreden dan op het platteland” (KNMI; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015). De gevolgen van deze hitte-. In steden wordt namelijk meer warmte vastgehouden dan op het platteland; dit wordt het hitte-eilandeffect genoemd. Volgens het Kennisportaal Klimaatadaptatie (z.d.) wordt het ‘hitte-eilandeffect’ veroorzaakt door de volgende factoren:

- ✓ Stenige materialen absorberen zonnestraling, waardoor het materiaal opwarmt
- ✓ Er is een gebrek aan verdamping door weinig groen en water. Daardoor wordt een groot deel van de zonnestraling omgezet in voelbare warmte
- ✓ Verschillende menselijke activiteiten stoten warmte uit, bijvoorbeeld in industrie en huishoudens

Een toename van perioden met extreme warmte zal tot een toename van warmte-overlast in zowel landelijk als stedelijk gebied leiden, maar wegens het hitte-eilandeffect zijn de gevolgen meer extreem in sterk verstedelijkt gebied. De overlast bestaat uit gezondheidsproblemen, verminderde productiviteit van werknemers en een hogere kans op vroegtijdig overlijden (Kennisportaal Klimaatadaptatie).

Toename van perioden met droogte

Wanneer er gedurende een periode meer neerslag verdampt dan er valt, is er sprake van een neerslagtekort (zie Figuur 4). Het neerslagtekort wordt berekend uit die hoeveelheid neerslag die valt, verminderd met de verdamping (KNMI, z.d.). Naarmate een periode van neerslagtekort langer duurt, kan er droogte ontstaan. Volgens het Kennisportaal Klimaatadaptatie kan de term droogte over het algemeen worden gebruikt "voor situaties waarin problemen kunnen ontstaan door watertekorten" (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen droogte en verdroging.



Figuur 4: Neerslagtekort in Nederland van begin 2022 - Landelijk gemiddelde over 13 stations (KNMI, z.d.)

Droogte is niet hetzelfde als verdroging. Er is sprake van droogte wanneer er een uitzonderlijke droge periode is "die afwijkt van een normale situatie en die lang duurt". De watervraag van de bodem is op zo'n moment groter dan het aanbod. Droogte is vaak tijdelijk. In tegenstelling tot *droogte* is *verdroging* een structureel probleem. "Verdroging betekent dat er te weinig grondwater van goede kwaliteit aanwezig is om de natuur in stand te houden. Voor een groot deel komt dit door jarenlange ontwatering door verschillende gebruikers, waardoor de grondwaterstanden zakken" (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.). Er is een kans dat in de toekomst perioden van droogte vaker voorkomen, wat onder andere kan leiden tot een toenemende verdroging van gebieden. Twee van de vier KNMI'14-klimaatscenario's geven aan dat Nederland droger wordt. De twee andere scenario's geven niet of nauwelijks een toename van droogte aan. "Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan om meer inzicht te krijgen in de kans op drogere zomers in de toekomst. Wat zeker is, is dat Zuid-Europa droger wordt en Noord-Europa natter. Nederland zit daar precies tussenin en het kan nog beide kanten op gaan" (KNMI, z.d.). Inmiddels uitgevoerd vervolgonderzoek ondersteunt echter de scenario's met droge zomers (Hydrology and Earth System Sciences, 2019).

Stijgende zeespiegel

De verwachte zeespiegelstijging wordt in dit onderzoek niet inzichtelijk gemaakt, aangezien ervanuit wordt gegaan dat maatregelen hiertegen een gemeente-overstijgende aanpak vergen: zeespiegelstijging is een probleem waarop niet direct op gemeenteniveau kan worden geanticipeerd. Als er daadwerkelijk sprake is van een incident, kan hierop worden geanticipeerd door calamiteitenregelingen, aldus de participant van gemeente Lelystad (zie bijlage I).

3.1.3 Definitie klimaatadaptatie voor dit onderzoek

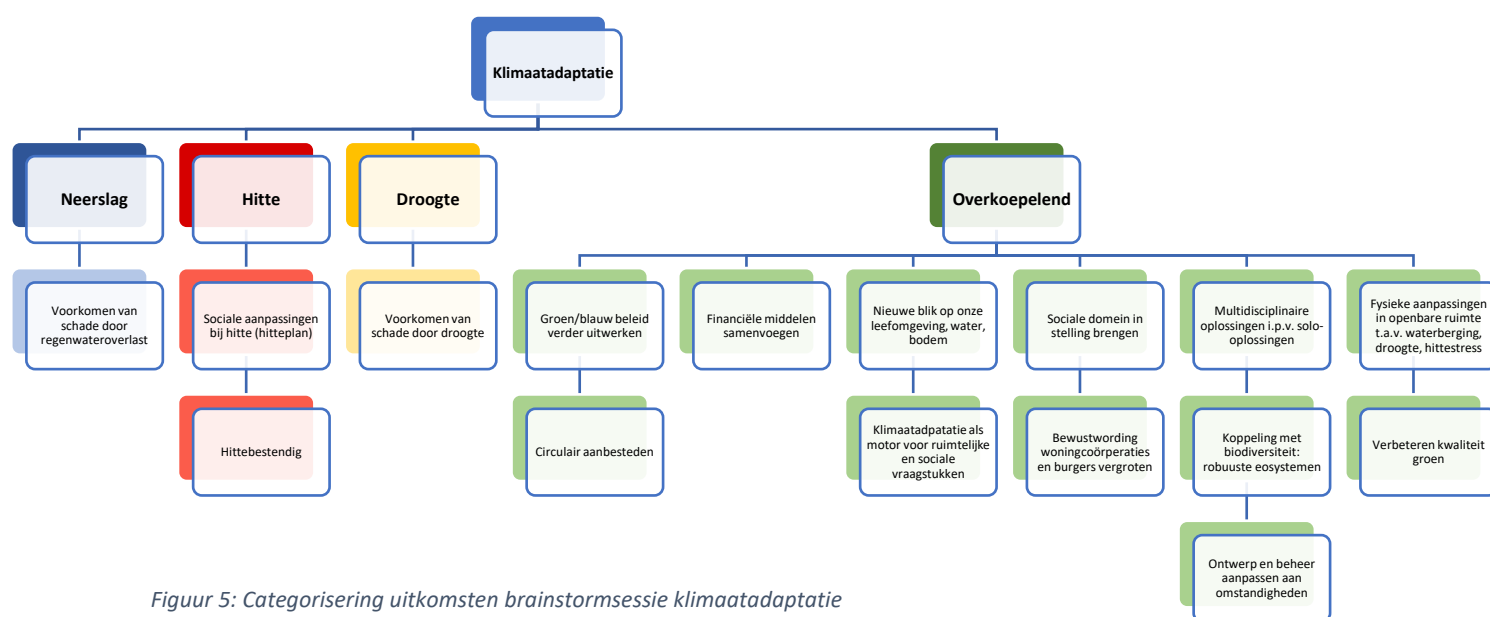
Onder klimaatverandering wordt een toename van piekbuien, extreme hitte en perioden met droogte en een stijgende zeespiegel geschaard. De zeespiegelstijging is in het huidige onderzoek achterwege gelaten. Op basis de resultaten van desktopstudie en een brainstormsessie is voor dit onderzoek de volgende definitie opgesteld van klimaatadaptatie: **klimaatadaptatie omvat alle maatregelen die worden genomen om de gevolgen van klimaatverandering, waaronder toename van piekbuien, toename van extreme hitte en toename van perioden van droogte, te reduceren.**

Ten behoeve van het opstellen van een definitie van klimaatadaptatie is onder andere gebruikgemaakt van zogenoemd expert judgement: er zijn 12 vertegenwoordigers van de provinciehoofdsteden uitgenodigd voor een brainstormsessie ten behoeve van het inkaderen van de term *klimaatadaptatie*. Tijdens deze brainstormsessie kwam naar voren dat klimaatadaptatie breder te trekken is en kansen biedt bij het realiseren van zogenoemde 'zachtere waarden'.

“De wat ‘zachtere waarden’ – zoals het vergroenen van de stad, het vergroten van de biodiversiteit, het realiseren van ontmoetingsplekken en speelplekken – komen vaak wat minder prominent aan bod bij de ontwikkeling van de stad. Met klimaatadaptatie in de hand heb je een veel steviger verhaal om deze ‘zachtere waarden’ een plaats te geven”

Participant gemeente Groningen

Tijdens de brainstormsessie werd zowel abstract als meer praktisch gesproken over klimaatadaptatie. Tijdens de sessie werd allereerst ingegaan op de vraag wat precies verstaan wordt onder klimaatadaptatie. Hierbij werden in algemene zin zaken aangehaald over het voorkomen van schade door klimaatverandering, zoals het voorkomen van schade door regenwater, hitte en droogte. Daarnaast werden op een hoger abstractieniveau andere zaken genoemd, die vooral op het beleidsmatige vlak liggen en waar tegenaan gelopen zou kunnen worden tijdens de implementatie van klimaatadaptatieve maatregelen. Hieronder een schematische weergave (zie Figuur 5).



Figuur 5: Categorisering uitkomsten brainstormsessie klimaatadaptatie

De praktische inkadering die tijdens de brainstormsessies werd verwoord, komt overeen met de aspecten van klimaatverandering die tijdens de desktopstudie zijn achterhaald. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat het reduceren van gevoeligheid voor de eerste drie kernonderdelen uit de klimaatstresstest een goed uitgangspunt vormt bij het categoriseren van klimaatadaptatie in het ruimtelijke domein. In onderstaande tabel volgt een beknopte weergave van de bij de inkadering van *klimaatadaptatie* gebruikte categorieën (zie Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht categorieën

Categorieën klimaatverandering en -adaptatie	
<i>Klimaatverandering</i>	<i>Klimaatadaptatie</i>
Toename van piekbuien	Reduceren gevoeligheid voor piekbuien
Toename van extreme hitte	Reduceren gevoeligheid voor extreme hitte
Toename van perioden met droogte	Reduceren gevoeligheid voor droogte

Als 'zachtere waarde' (zie bovenstaand citaat) wordt het vergroten van de biodiversiteit in dit onderzoek meegewogen als meekoppelkans 'bevorderen natuurinclusiviteit'.

3.2 Indicatoren

Hierboven is een definitie gegeven van klimaatadaptatie en is tevens genoemd in welke categorieën deze klimaatadaptatie kan worden uiteengezet. In deze paragraaf is, deels aan de hand van de uitkomsten van de eerste brainstormsessie, onderzocht welke indicatoren geschikt zijn om klimaatadaptatie op een kwantitatieve wijze meetbaar te maken. Hierbij zijn de hierboven gedefinieerde categorieën gebruikt als uitgangspunt. In onderstaande Tabel 2 staan klimaatadaptatieve maatregelen weergegeven die volgens de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (z.d.) de meest toegepaste klimaatmaatregelen zijn. De maatregelen zijn geschaard onder de 3 categorieën die worden gehanteerd in de definitie van *klimaatadaptatie*, waarbij tevens de meekoppelkans 'vergroten biodiversiteit' is toegevoegd.

Tabel 2: Maatregelen klimaatadaptatie

Legenda	
Icoon	Categorie
	Reduceren gevoeligheid piekbuien
	Reduceren gevoeligheid extreme hitte
	Reduceren gevoeligheid droogte
	Vergroten biodiversiteit

Categorie			Maatregel
			Groene gevel
			Geveltuin

				Groene tuin / tegels eruit
				Groene erfafscheiding
				Boom aanplanten
				Stimuleren bodemleven
				Vogel-, vleermuis- en insectenkasten
				(Slimme) regenton / regenschutting (rainblock) / afkoppelen regenpijp
				Slim ingerichte wegen: drempels / verdiepte straat / verlaagde berm / overstrooming op maaiveld
				Lichte gevel-, dak- en straatkleur
				Waterdoorlatende verharding
				Zonwering
				Groen dak
				Koele plekken
				Schaduwroutes
				Natuurlijke speelplaats
				(Natuurvriendelijke) wadi's
				Toepassen (meer) oppervlaktewater
				Infiltratiekratten en -putten onder (on)verhard oppervlak
				Waterplein
				Piekberging landelijk gebied
				Retentiedak
				Verhoogd maaiveld toepassen / ophogen bouwvlak
				Waterberging onder gebouw

De maatregelen in bovenstaande tabel vormen een niet-uitputtende opsomming van mogelijke klimaatmaatregelen. Aan de hand van het aantal tussen 2017 en 2021 gerealiseerde objecten kan worden bepaald welke progressie in klimaatadaptatie de onderzochte steden hebben gemaakt. In het vervolg van deze paragraaf zijn daartoe een aantal klimaatadaptatie maatregelen van een nadere uitwerking voorzien. De hieronder uitgewerkte maatregelen representeren voor de drie gehanteerde categorieën de indicatoren waarmee klimaatadaptatie meetbaar kan worden gemaakt. Wegens gebrek aan inputdata en onderzoekstijd zijn de overige maatregelen niet nader uitgewerkt.

3.2.1 Reduceren gevoeligheid voor piekbuien

Percentage van ontstening

Het is van belang om regenwater op te vangen en in de bodem te laten infiltreren op de plaats waar het valt (Wildkamp, z.d.). Regenwater kan zodoende aanzienlijk bijdragen aan de aanvulling van de grondwatervoorraad en daarnaast wordt hiermee voorkomen dat regenwater richting het riool afstroomt en daar overlast veroorzaakt. Wanneer de hemelwaterafvoer is aangesloten op het riool, stijgt de gevoeligheid voor een overbelast riool namelijk evenredig met de mate van versteend oppervlak in een bepaalde omgeving (WUR; Topsector project Prettig Groen Wonen, 2021). Regenwater dat daarentegen op een niet-versteend oppervlak valt, kan direct infiltreren in de bodem. Niet-versteend oppervlak draagt tijdens een regenbui dus direct bij aan de grondwateraanvulling en tevens wordt hiermee een overbelast riool, met alle negatieve gevolgen van dien, voorkomen. Inmiddels zijn diverse gemeenten, provincies en waterschappen aangesloten bij Stichting Steenbreek, die poogt allerlei actief op touw te zetten met als doel “om met inwoners en bedrijven de leefomgeving duurzaam te vergroenen” (Stichting Steenbreek, z.d.). Het aandeel verwijderde verharding, de zogenoemde ‘ontstening’, vormt dus een aspect van klimaatadaptatie.

Aantal wadi's per stad

Om een waterbuffer op te bouwen voor tijden van extreme droogte, is het van belang om tijdens nattere perioden regenwater op te vangen en te bergen. Dit in het kader van de zogenoemde Drietrapsstrategie: opvangen, bergen, afvoeren. Het opvangen van water staat hier als eerste genoemd, om dat dit de meest waardevolle manier is om regenwater in het gebied waar het is gevallen, vast te houden. Het vasthouden van neerslag kan onder andere in kleine waterlichamen, zoals wadi's (Amsterdam Rainproof, z.d.). Hierin kan het water tijdens een heftige regenbui worden geborgen, waarna het kan infiltreren in de bodem.

Aantal waterpleinen per stad

In het kader van de eerste trap van de Drietrapsstrategie, water opvangen in de directe omgeving, passen ook de zogenoemde waterpleinen. Dit zijn verdiepte, multifunctionele pleinen. De verdiepte pleinen vormen een soort bassin, waarin tijdens extreme neerslag de neerslag kan worden opgevangen.

Aantal waterbergingsgebieden & infiltratie per stad

Wanneer in een gebied de grondwaterstand pertinent hoog staat en door een kleilaag infiltratie nauwelijks mogelijk is, zijn wadi's in mindere mate functioneel dan op locaties waar de grondwaterstand laag staat en waar een zandgrond aanwezig is. Op locaties die onvoldoende potentie hebben voor wadi's, kan regenwater gedurende langere tijd wél bovengronds worden geborgen. Daarnaast zou het water ook op locaties met een kleigrond kunnen infiltreren in de bodem, zij het langzamer dan bij een zandgrond. Een klimaatadaptieve maatregel is daarom ‘het creëren dan wel verruimen van oppervlaktewaterberging in combinatie met infiltratie’.

Aantal groene daken per stad

Een grijs dak valt onder verhard oppervlak, waarvan regenwater nagenoeg direct van wordt afgevoerd. Op een groen dak kan water worden opgeslagen en na een regenbui vertraagd worden afgegeven (Mijn Waterfabriek, z.d.). Hoewel de hoeveelheid water dat op een groen dak kan worden geborgen afhangt van de dikte van het dak en het type beplanting, dragen groene daken in meer of mindere mate bij aan het reduceren van schade die kan optreden door heftige regenbuien. Met behulp van de ClimateScan (ClimateScan, z.d.) kunnen de groene daken inzichtelijk worden gemaakt.

*3.2.2 Reduceren gevoeligheid voor extreme hitte***Percentage van groen per stad**

Groen heeft een verkoelende werking. Het aandeel groen in een wijk draagt zodoende bij aan een aangenaam leefklimaat in de stad. (Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken, z.d.). Meer groen leidt tot betere verkoelende werking.

Aantal groene daken per stad

Een grijs dak straalt absorbeert zonlicht, warmt op en draagt zo bij aan extreme temperatuurstijging, een groen dak daarentegen isoleert juist en reduceert de gevoeligheid voor hittestress. Een groen dak houdt niet alleen de daktemperatuur lager, maar ook de binnentemperatuur (Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken, z.d.).

Aantal wadi's per stad

Naast dat wadi's de kwetsbaarheid voor extreme regenval in de stad reduceren, dragen wadi's ook bij aan het tegengaan van hittestress: groen verdampt water wat stijging van de omgevingstemperatuur doet verminderen. Hoger groen heeft hierbij meer effect dan laag groen (KAN - klimaatadaptief bouwen mét de natuur, z.d.). Wadi's zijn vaak aangekleed met groen, wat in tijden van hitte een verkoelende werking heeft (Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken, z.d.). Daarom draagt het aantal wadi's ook in tijden van extreme hitte bij aan het leefbaar houden van het stadsklimaat.

Aantal waterbergingsgebieden & infiltratie per stad

Voor waterbergingsgebieden & infiltratie geldt hetzelfde als voor de wadi's: door de verdamping van water hebben ze ten tijde van extreme hitte ook een koelende werking (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2018).

*3.2.3 Reduceren gevoeligheid voor perioden met droogte***Aantal wadi's per stad**

Het uitbreiden van de waterbufferruimte draagt in belangrijke mate bij aan het bestand zijn tegen perioden met droogte. Wadi's dragen namelijk bij aan de infiltratiecapaciteit van de omgeving en zodoende aan de waterbuffer in de bodem. Zodoende leiden wadi's daarom tot het reduceren van gevoeligheid voor perioden van droogte en het aantal wadi's vormt hierdoor een geschikte indicator bij het inzichtelijk maken van droogtebestendigheid.

Aantal groene daken

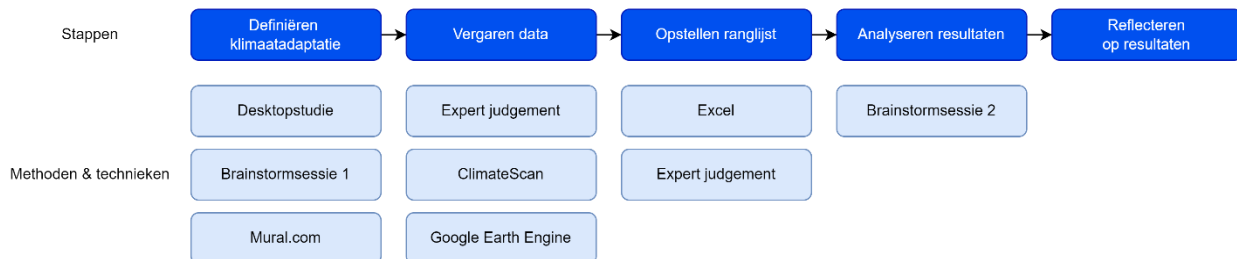
Groene daken kunnen regenwater vasthouden dat in tijden van droogte kan worden hergebruikt (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.). Groene daken dragen daarom bij aan het reduceren van gevoeligheid voor droogte.

Aantal waterbergingsgebieden & infiltratie per stad

Bovenstaande geldt ook voor waterbergingsgebieden en infiltratie. In oppervlaktewater kan overtollig regenwater worden opgevangen, waardoor het een bufferende werking heeft voor tijden van droogte. Zodoende helpt het oppervlaktewater bij het reduceren van gevoeligheid voor droogte.

4 Onderzoeksmethodiek

Dit hoofdstuk bestaat uit een beschrijving van de onderzoeksmethodiek. In onderstaande afbeelding (zie Figuur 6) staat een visualisatie van de doorlopen onderzoeksstappen en de daarbij gebruikte methoden en technieken. De stappen worden in de navolgende paragrafen van een uitwerking voorzien. Daarnaast zijn gemaakte keuzes en afwegingen besproken.



Figuur 6: Onderzoeksstappen en ingezette methoden & technieken

4.1 Definiëren klimaatadaptatie

Desktopstudie

Ten behoeve van het opstellen van een definitie van klimaatadaptatie is allereerst desktoponderzoek uitgevoerd naar wat klimaatverandering en daaraan gekoppeld klimaatadaptatie precies inhouden. Daarnaast is onderzoek gedaan naar categorieën met bijbehorende indicatoren aan de hand waarvan klimaatadaptatie op kwantitatieve wijze meetbaar kan worden gemaakt.

Brainstormsessie 1

In het beginstadium van het onderzoek is een brainstormsessie georganiseerd met 'vertegenwoordigers' van de Nederlandse provinciehoofdsteden. Hiervoor was allereerst contact gezocht met geschikte personen, dit is voornamelijk via internet gedaan. Vervolgens is contact opgenomen met geschikt lijkende kandidaten. Nadat van elke provinciehoofdstad een contactpersoon bekend was, is een brainstormsessie ingepland. Daar waren participanten van de gemeenten Groningen, 's-Hertogenbosch en Lelystad aanwezig. Tijdens de meeting werd allereerst ingegaan op de vraag wat men verstaat onder klimaatadaptatie. Om tot een antwoord op deze vraag te komen, werd gebruikgemaakt van het programma Mural.com, waar een format was aangemaakt waarin men individueel input met betrekking tot de brainstormvraag kon leveren. Vervolgens zijn de uitkomsten gezamenlijk besproken en geclassificeerd onder *strategisch*, *tactisch* en *operationeel*. Deze classificering had als doel een handzaam onderscheid te maken tussen de diverse facetten waarin klimaatadaptatie kan worden uiteengezet. Dit zou vervolgens een aanloop vormen naar het opstellen van een voor dit onderzoek sluitende definitie van klimaatadaptatie.

Vervolgens is ingegaan op de vraag op welke wijze deze klimaatadaptatie in de organisatie wordt geborgd. Tenslotte werd ingegaan op de vraag welke categorieën met bijbehorende indicatoren volgens de deelnemers van belang zijn om klimaatadaptatie te kunnen kwantificeren. Zie bijlage I voor een beknopt verslag van de brainstormsessie en een visualisatie van de uitkomsten van de Mural.

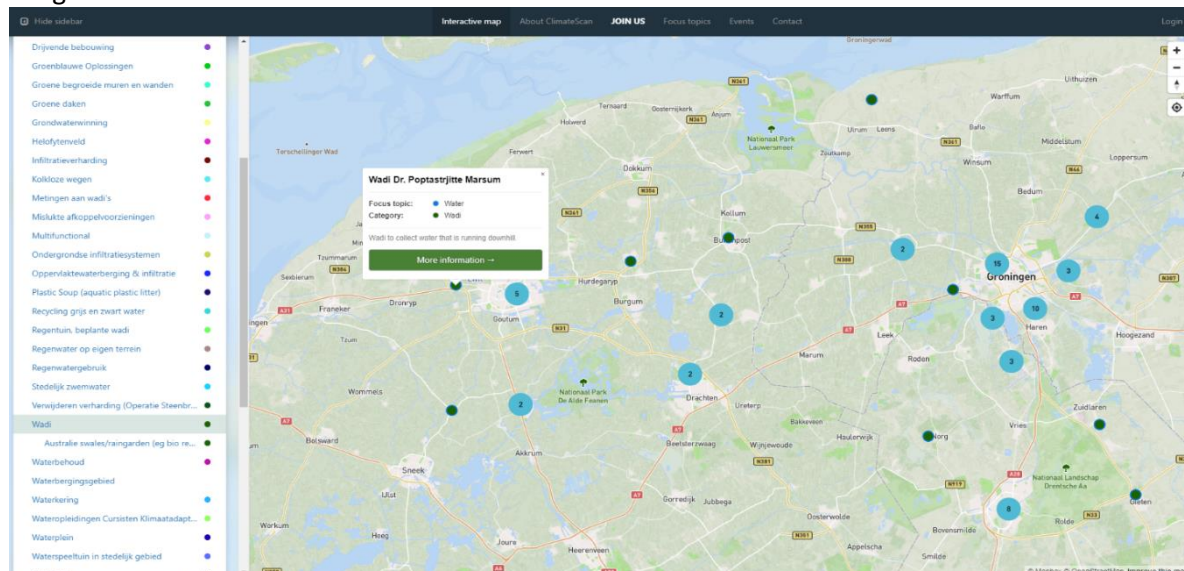
Aan de hand resultaten van de desktopstudie en de brainstormsessie is de term *klimaatadaptatie* ten behoeve van dit onderzoek gedefinieerd (zie hoofdstuk 3.1).

4.2 Vergaren data

In hoofdstuk 3 zijn een aantal klimaatadaptatieve maatregelen van een toelichting voorzien. Deze maatregelen representeren de indicatoren aan de hand waarvan klimaatadaptatie inzichtelijk kan worden gemaakt. Een volgende stap betrof het vergaren van data van deze indicatoren. Daartoe is eerst een analyse gemaakt van de beschikbare technieken. ClimateScan en Google Earth Engine bleken geschikt te zijn voor de verzameling van de ruwe data. In deze paragraaf is uitgewerkt hoe de genoemde technieken zijn ingezet.

4.2.1 Dataverzameling met behulp van ClimateScan

In lijn met de in hoofdstuk 3 uitgewerkte indicatoren is het aantal tussen 2017 en 2021 gerealiseerde reguliere wadi's, beplante wadi's, oppervlaktewaterberging & infiltratie, waterbergingsgebieden, groene daken, waterpleinen en het aantal ontsteningsprojecten van Stichting Steenbreek achterhaald met behulp van ClimateScan (ClimateScan, z.d.), zie Figuur 7 voor een impressie. Van deze indicatoren is namelijk data beschikbaar op ClimateScan. ClimateScan is een open source platform waarop elke willekeurige deelnemer data kan invoeren. De invoerder plaatst een object in een bepaalde categorie, waarna automatisch de invoerdatum wordt gegenereerd. De gebruiker is tevens in staat om aanvullende informatie over het object – zoals realisatiedatum en foto's – toe te voegen.



Figuur 7: Impressie Climatescan

Via dit platform is gepoogd per provinciehoofdstad het aantal bovengenoemde objecten te achterhalen dat is gerealiseerd in de onderzoeksperiode. Aangezien bleek dat niet altijd de realisatiedatum is ingevoerd - dat is meer uitzondering dan regel - is een concessie gedaan: alle tussen 2017 en 2021 ingevoerde objecten zijn opgezocht, waarbij objecten die in deze periode zijn ingevoerd maar waarbij expliciet vermeld staat dat ze niet buiten deze periode zijn gerealiseerd, niet zijn meegerekend om de data-verzameling zoveel mogelijk accuraat te laten zijn. Dit bleek uiteindelijk de meest adequate en verantwoorde methode te zijn voor het achterhalen van het aantal wadi's, waterpleinen en groene daken.

4.2.2 Dataverzameling met behulp van Google Earth Engine

Voorwerpen op aarde weerkaatsen zonnestraling of zenden energie uit. De weerkaatste en uitgezonden straling van het aardoppervlak wordt door sensoren van satellieten gemeten in verschillende golflengten van het elektromagnetisch spectrum. Metingen hiervan, in de vorm van ruwe satellietbeelden, kunnen worden toegepast voor bepaling van water-, verharding- en groenoppervlak als indicatie voor stedelijke klimaatadaptatie. Binnen deze sub-paragraaf is een werkwijze beschreven waarmee ruwe satellietmetingen kunnen worden geclassificeerd binnen stedelijk gebied. Deze werkwijze is vervolgens vertaald in een script in Google Earth Engine (GEE), waarmee oppervlakken eenvoudig kunnen worden vastgesteld met ruwe satellietbeelden. Deze sub-paragraaf valt uiteen in drie gedeelten: werkwijze, selectie van provinciehoofdsteden en resultaatgeneratie.

Werkwijze: classificering groen, verharding en wateroppervlak

Voor de interpretatie van ruwe satellietbeelden zijn beelden geselecteerd voor de jaren 2017 en 2021 van april tot en met oktober. Dit omdat 's zomers bomen en struiken in het blad staan en kleuren duidelijk van elkaar kunnen worden onderscheiden. Omdat naast de winterperiode ook bewolking een minder representatief beeld geeft van de werkelijke situatie, zijn alle satellietbeelden met een bewolkingspercentage van meer dan 2% weggefilterd. Deze beelden zouden anders een vertroebeld beeld opleveren tijdens de analyse. Met de selectie van ruwe satellietbeelden is vervolgens een mediane waarde vastgesteld voor elke pixelmeting (spectrale locatie) op eenzelfde locatie zoals weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Spectrale banden van Sentinel-2 Copernicus (Sentinel, z.d.).

Band naam	Beschrijving Spectrale locatie	Ruimtelijke resolutie	Golflengte (nm)	Toepassing
B3	Green	10 meters	560	MNWI
B4	Red	10 meters	665	NDVI
B8	NIR (Near-infrared)	10 meters	835	NDVI
B11	SWIR 1 (Short-wave infrared)	20 meters	1614	MNWI

Vervolgens zijn de oppervlaktes geclassificeerd met de gemiddelde mediane waarde. Hiervoor is gebruikgemaakt van de waterindex (modified normalized difference water Index: MNDWI) (Space4water Portal, 2019) en een vegetatie-index (normalized difference vegetation index: NDVI) (Space4water Portal, 2019). Wateroppervlak is vastgesteld per pixel door berekening van de MNDWI met een drempelwaarde van 10% op basis van *trial and error* en validatie met luchtfoto's. De formule voor de waterindex is onderstaand weergegeven:

$$\text{Water} = \text{MNDWI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} = \frac{\text{B3} - \text{B11}}{\text{B3} + \text{B11}} > 10\%;$$

Vervolgens is het oppervlak groen en versteend bepaald door berekening van de vegetatie-index NDVI met een drempelwaarde van 25%, overeenkomstig literatuurwaarden 2%-25% (USGD, z.d.). De formule voor de groen- en versteningsindex is onderstaand weergegeven:

$$\text{Groen} = \text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} = \frac{\text{B8} - \text{B4}}{\text{B8} + \text{B4}} > 25\%; \text{ Versteend} = \text{NDVI} < 25\%$$

De toegepaste drempelwaarden zijn zo passend mogelijk bepaald: de satellietbeelden bevatten geen aanzienlijke bewolking en de kleuren voor groen en verstening vertegenwoordigen daadwerkelijk begroeiing respectievelijk infrastructuur en bebouwing.

Selectie van stedelijke kernen van provinciehoofdsteden

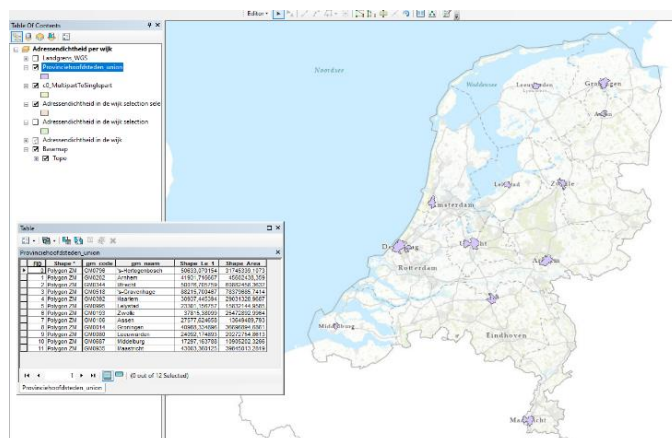
In het script is tijdens een eerste ronde een kaart met alle gemeentegrenzen ingevoegd. Hierbij werd de versterking en vergroening van de gehele gemeente onderzocht, inclusief het landelijk gebied. Hierbij bleek echter dat landbouwgrond een grote stempel drukte op de uiteindelijke resultaten. Veel landbouwpercelen waren in 2017 begroeid terwijl ze in 2021 braak lagen, wat leidde tot een classificatie in 2017 als groen en in 2021 als versteend. Daarom is ervoor gekozen om tijdens de satelliet-analyse te focussen op het stedelijke gebied van de Nederlandse provinciehoofdsteden. De definitie van stedelijk gebied is bepaald aan de hand van de omgevingsadressendichtheid uit de Wijk- en Buurtkaart 2021 zoals gegenereerd door het CBS. Deze kaart is met behulp van ArcGIS gegenereerd aan de hand van de kaart Wijk- en buurgrenzen 2019 van het CBS.

“De indeling van gemeenten naar stedelijkheid is gebaseerd op de omgevingsadressendichtheid van de gemeente. Allereerst is voor ieder adres binnen een gemeente de adressendichtheid vastgesteld van een gebied met een straal van 1 km rondom dat adres. De omgevingsadressendichtheid van een gemeente is de gemiddelde waarde hiervan voor alle adressen binnen die gemeente. De vijf stedelijkheidsklassen zijn gebaseerd op klassegrenzen van 2.500, 1.500, 1.000 en 500 adressen per km².

De volgende klassen worden onderscheiden:

1. Zeer sterk stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 2.500 of meer);
2. Sterk stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 1.500 tot 2.500);
3. Matig stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 1.000 tot 1.500);
4. Weinig stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 500 tot 1.000);
5. Niet-stedelijk (omgevingsadressendichtheid van minder dan 500).” (CBS, 2022).

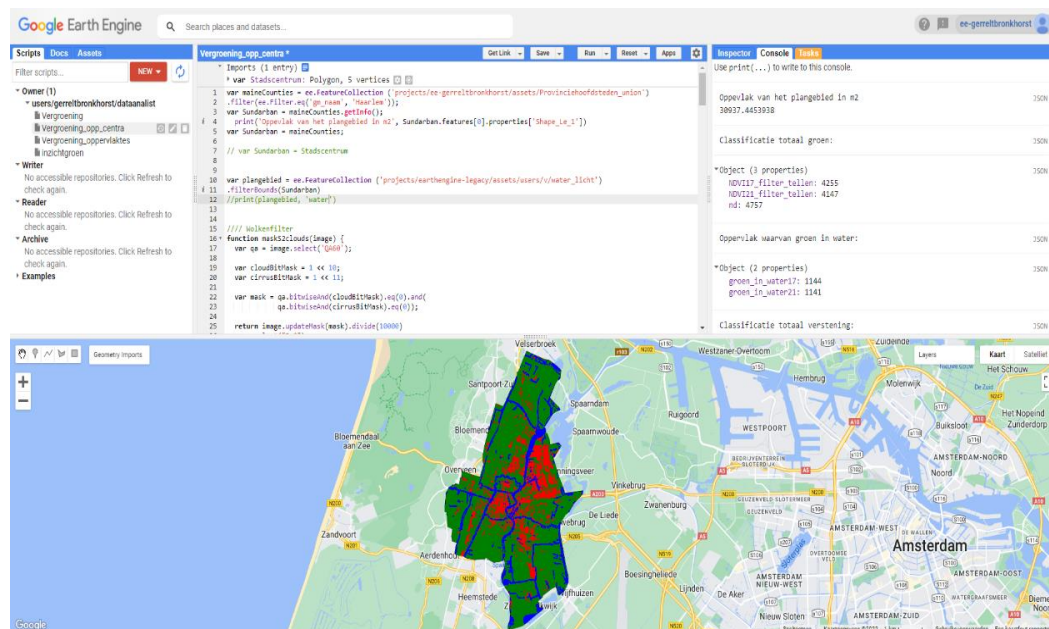
Tijdens de analyse zijn de klassen zeer sterk stedelijk, sterk stedelijk en matig stedelijke gedeelten van de Nederlandse provinciehoofdsteden opgenomen. Een kaart van deze klassen is gegenereerd met behulp van ArcGIS. Hier is de Wijk en Buurtkaart 2021 (CBS, 2022) gedownload. Deze is in de vorm van een *feature class* ingeladen in ArcGIS, waarna alle buurten die in de eerste drie klassen vallen uit de *attribute table* zijn geselecteerd en geëxporteerd naar een nieuwe *Feature Service Feature Class*. Vervolgens zijn uit deze selectie alle buurten geselecteerd die behoren tot de 12 Nederlandse provinciehoofdsteden. Deze zijn ook geëxporteerd naar een nieuwe *feature class*. Daarna is met behulp van de tool *Multipart To Singlepart* het bestand gewijzigd naar een *File Geodatabase Feature Class*. In deze kaartlaag zijn, door middel van de zogenoemde ‘*union*’, de buurten die tot één provinciehoofdstad behoren, samengevoegd tot een nieuwe *shape*. Zodoende zijn er 12 nieuwe *shapes* ontstaan. De nieuwe *shapes* zijn tenslotte geëxporteerd naar een *Shapefile Feature Class* en ingeladen in GGE. Figuur 8 toont een impressie van de verkregen gebieden.



Figuur 8: Impressie verwerking provinciehoofdstad in ArcGIS

Resultaatgeneratie

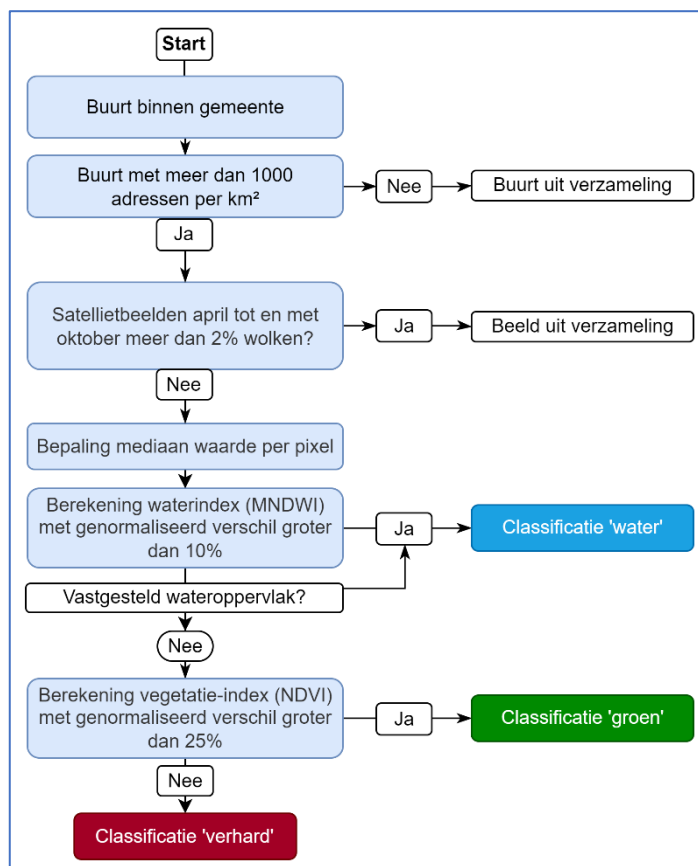
De laatste stap bestond uit het schrijven van een script waarmee relevante kaarten worden geplote en resultaten per provinciehoofdstad verkregen waarmee oppervlaktes eenvoudig kunnen worden vastgesteld. Met de hulp van een expert van Antea Group is hiervoor de bovenbeschreven werkwijze vertaald naar een script in Google Earth Engine (zie afbeelding 9 voor een impressie en bijlage II).



Figuur 9: Impressie GEE-script

Figuur 10 toont een schematische weergave van de stappen die voor het verkrijgen van de oppervlaktes zijn doorlopen in ArcGIS en GEE. Om de relevante kaarten van een bepaalde provinciehoofdstad te laten printen, moet de naam van de betreffende stad in het script worden ingevoerd en op 'run' worden geklikt. Dit is voor GEE het startsein om het script te laten draaien en de gewenste kaarten te produceren. Hierbij is een selectie van kaarten gegenereerd zoals weergegeven in Tabel 4.

De doormiddel van het script verkregen oppervlaktes van de klassen water, verharding en groen staan hierbij voor de oppervlaktes *gereflecteerd licht volgens de gehanteerde kleurbandbreedte*; dit betreft dus niet noodzakelijkerwijs een absoluut oppervlakte van de betreffende klassen.



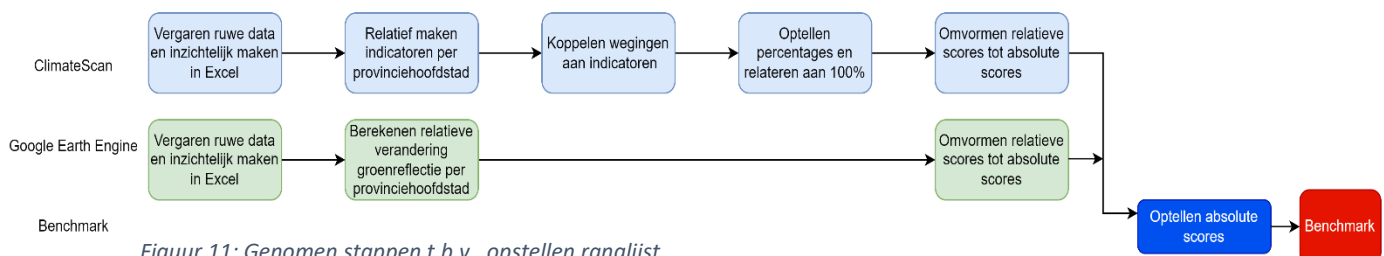
Figuur 10: Werkwijze GEE

Tabel 4: Door GEE geproduceerde kaarten

Kaart	Omschrijving	Band naam
Luchtfoto 2017	Gegenereerd uit de diverse satellietbeelden van april-oktober 2017	B2; B3; B4
Luchtfoto 2021	Gegenereerd uit de diverse satellietbeelden van april-oktober 2021	B2; B3; B4
Oppervlakte water 2017	Aandeel dat boven de MNDWI-ondergrens van 0,10 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2017	B3; B11
Oppervlakte water 2021	Aandeel dat boven de MNDWI-ondergrens van 0,10 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2021	B3; B11
Oppervlakte verharding 2017	Aandeel dat beneden de NDVI-ondergrens van 0,25 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2017	B4; B8
Oppervlakte verharding 2021	Aandeel dat beneden de NDVI-ondergrens van 0,25 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2021	B4; B8
Oppervlakte groen 2017	Aandeel dat boven de NDVI-ondergrens van 0,25 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2021	B4; B8
Oppervlakte groen 2021	Aandeel dat boven de NDVI-ondergrens van 0,25 valt van de betreffende kleurbandbreedte licht in 2021	B4; B8
Verandering groen index	Relatieve verandering van kleurbandbreedte groen/verharding ten opzichte van de NDVI-grenswaarde 0,25	B3; B11
Verandering oppervlakte groen	Absolute verandering van kleurbandbreedte groen/verharding ten opzichte van de NDVI-grenswaarde 0,25	B4; B8

4.3 Verwerken data

De volgende stap in het onderzoek betrof de verwerking van de met behulp van ClimateScan en GEE gegenereerde ruwe data. Daartoe zijn de data allereerst inzichtelijk gemaakt in Excel. Vervolgens zijn de data per provinciehoofdstad en indicator gegroepeerd, relatief gemaakt en gewogen. In onderstaande Figuur 11 staat een schematisering van de hiertoe genomen stappen. In het vervolg van deze paragraaf zijn deze stappen nader toegelicht.



Figuur 11: Genomen stappen t.b.v. opstellen ranglijst

Vergaren ruwe data en inzichtelijk maken in Excel

De aantallen objecten die zijn achterhaald met behulp van ClimateScan zijn in tabellen in Excel weergegeven (zie bijlage III). Ditzelfde geldt voor de resultaten van de GEE-analyse: uit de geproduceerde kaarten zijn oppervlaktes waterreflectie, versteningsreflectie en groenreflectie van 2017 en 2021 afgeleid en in tabellen opgenomen (zie bijlage IV). Zodoende zijn de data geschikt gemaakt voor verder verwerking.

Relatief maken indicatoren per provinciehoofdstad

Voordat de benchmark kon worden opgesteld, zijn eerst het aantal met behulp van ClimateScan achterhaalde objecten per indicator relatief gemaakt. Hiertoe zijn alle objecten per indicator bij elkaar opgeteld en gelijkgesteld aan 100%, waarna per provinciehoofdstad is berekend welk percentage zij van dat totaal bezit. Daarnaast zijn de mutaties van reflectieoppervlaktes van de GEE-

analyse omgevormd tot een relatieve verandering ten opzichte van het totaaloppervlak. Zodoende konden de gegevens integraal met elkaar worden vergeleken.

Weging van de diverse onderdelen

In samenspraak met de opdrachtgever is de meekoppelkans 'vergroten biodiversiteit' betrokken bij weging van de onderzoeksresultaten. Dit is in lijn met wat de vertegenwoordigers van de Nederlandse provinciehoofdsteden tijdens de eerste brainstormsessie naar voren brachten over het meekoppelen en verrijken van biodiversiteit en het vergroten van de ecologische hoofdstructuur (zie hoofdstuk 3.1). De indicatoren die volgens Rijksdienst voor Ondernemend Nederland bevorderend zijn voor de biodiversiteit (zie hoofdstuk 3.2) zijn daarom tweemaal meegewogen tijdens de weging van de resultaten. Dit geldt voor de indicatoren 'beplante wadi's', 'oppervlaktewaterberging & infiltratie', 'waterbergingsgebieden', 'groene daken' en 'verwijderen verharding'.

Optellen percentages en relateren aan 100%

Alvorens de benchmark kon worden opgesteld, zijn eerst alle percentages per indicator van de analyse die is uitgevoerd met ClimateScan vermenigvuldigd met de weging, bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal indicatoren en wegingen. Hierdoor verkreeg elke provinciehoofdstad een unieke relatieve score.

Omvormen relatieve scores tot absolute scores

Daarna zijn het tweetal percentages die elke provinciehoofdstad heeft verkregen – als resultaat van de ClimateScan-data en de GEE-data – omgezet in absolute scores. Dit is als volgt gedaan:

- ✓ ClimateScan: hoogste percentage is laagste getal en zo verder
- ✓ GEE: hoogste percentage is laagste getal en zo verder

Opstellen benchmark

Door het optellen van de scores ontstonden twee unieke scorelijsten met scores per provinciehoofdstad. Hierbij hebben de totaalscore van ClimateScan-analyse en de totaalscore van de GEE-analyse allebei eenzelfde weging, namelijk eenmaal. Dit is eveneens met de opdrachtgever afgestemd. Vervolgens zijn deze scores bij elkaar opgeteld, waarna deze zijn gerangschikt op totaalscore van laag naar hoog. Dit resulteerde in een benchmark van de mate waarin de Nederlandse provinciehoofdsteden progressie hebben geboekt in het klimaatadaptief worden.

Naastgelegen Figuur 12 bestaat uit een illustratie van de voor de benchmarking genomen stappen bij Assen.

Illustratie stappen voor Assen

ClimateScan

Aantal groene daken: 6
 Percentage t.o.v. totaal aantal groene daken: 8
 Weging: 2
 Percentage indicator groene daken: 16

Berekening totaalscore ClimateScan:

Opgetelde percentages van alle indicatoren = 65
 Gedeeld door aantal indicatoren en wegingen = / 9

Relatieve score: 7%
 ClimateScan positienummer: 4

GEE:

Toename van 0,4% groenreflectie
 GEE positienummer: 4

Totaalscore: 8

Eindpositie: 2

Figuur 12: Illustratie stappen voor Assen

4.4 Analyseren resultaten

Een volgende stap betrof het analyseren van de resultaten. Hiertoe is allereerst een tweede brainstormsessie georganiseerd en in aansluiting daarop is gepoogd de met behulp van ClimateScan achterhaalde objecten te verifiëren op volledigheid.

Brainstormsessie 2

Tijdens de tweede brainstormsessie zijn de onderzoeksresultaten gepresenteerd en is gevraagd om een reflectie op deze resultaten (zie bijlage XV voor een beknopt verslag). Tijdens deze tweede brainstormsessie waren zeven participanten aanwezig, namens de gemeenten Arnhem, Den Haag, Haarlem, 's-Hertogenbosch, Leeuwarden, Lelystad en Utrecht. Tijdens de sessie werd kort ingegaan op de achtergronden van het onderzoek, waarna de onderzoeksmethodiek werd beschreven en de eerste resultaten werden gepresenteerd. Vervolgens is ingegaan op de (on)betrouwbaarheid van de gehanteerde methodiek. De uitkomsten van deze brainstormsessie zijn gebruikt bij het trekken van conclusies, het onderbouwen van de betrouwbaarheid van dit onderzoek en het geven van aanbevelingen. Na het presenteren van de onderzoeksresultaten (zie hoofdstuk 5) is ingegaan op de input van deze brainstormsessie.

Verifiëren volledigheid van m.b.v. ClimateScan achterhaalde objecten

Voor een nadere validatie van de gegevens over reguliere wadi's, beplante wadi's, oppervlaktewaterberging & infiltratie, waterbergingsgebieden, groene daken, waterpleinen en het aantal ontsteningsprojecten van Stichting Steenbreek is contact op genomen met de vertegenwoordigers van de Nederlandse provinciehoofdsteden. Tijdens de brainstormsessie kwam namelijk naar voren dat het aantal achterhaalde objecten opvallend laag was en werd genoemd dat gemeenten zelf beschikken over datasets met info – zoals beschikbaar gesteld subsidiebedrag, aantal gerealiseerde objecten en aantal vierkante meters gerealiseerd object. Deze data zouden meer geschikt zijn voor de benchmarking. Daarom is nogmaals contact opgenomen met de deelnemers van de brainstormsessies, in de hoop van hen de gewenste data te ontvangen. In de resterende onderzoeksperiode is echter weinig respons gekomen op dit verzoek. Dit resulteert in het gegeven dat er van deze aanvullende data geen integrale vergelijking kon worden gemaakt.

4.5 Reflecteren op resultaten

De laatste stap in dit onderzoek betrof het reflecteren op de onderzoeksmethodiek en -resultaten. In de reflectie is onderscheid gemaakt in twee gedeelten:

- ✓ Valideren onderzoeksmethodiek
Hierbij is de mate van validiteit van de onderzoeksmethodiek beschreven. Er is ingegaan op de vraag in hoeverre de gebruikte onderzoeksmethodiek aansluit bij de opgave van dit onderzoek.
- ✓ Toetsen betrouwbaarheid onderzoeksresultaten
Hierbij is ingegaan op de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten en de daaraan verbonden conclusies. Gelieerd aan dit aspect zijn de relevantie en bruikbaarheid van het resultaat, die daarom ook worden geschreven.

Bij de validatie en het toetsen van de betrouwbaarheid is gebruikgemaakt van de input die voortkwam uit de tweede brainstormsessie. Aan de hand van de reflectie zijn tenslotte aanbevelingen gegeven, waarmee perspectief wordt geboden voor vervolgstappen.

5 Onderzoeksresultaten ClimateScan en GEE

In dit hoofdstuk staan allereerst de onderzoeksresultaten van de kwantitatieve data-analyse weergegeven. Vervolgens worden de resultaten relatief gemaakt. Tenslotte is, aan de hand van de relatief gemaakte onderzoeksresultaten, een benchmarking van de progressie in klimaatadaptatie van de Nederlandse provinciehoofdsteden opgesteld.

5.1 Gegevens kwantitatieve dataverzameling

Resultaten data-verzameling m.b.v. ClimateScan

Hieronder staan respectievelijk de aantallen reguliere wadi's, beplante wadi's, oppervlaktewaterberging & infiltratie, waterbergingsgebieden, groene daken, waterpleinen en het aantal ontsteningsprojecten van Stichting Steenbreek gerangschikt (zie Tabel 5). Bijlage III bestaat uit een opsomming van alle afzonderlijke objecten inclusief datum van toevoegen in ClimateScan.

Tabel 5: Aantal m.b.v. ClimateScan achterhaalde elementen

Gemeente	Reguliere wadi's	Beplante wadi's	Oppwaterb & inf	Waterbergings gebieden	Groene daken	Waterpleinen	Verwijderen verh OS
Assen	7	1	0	2	6	0	0
Arnhem	11	1	0	2	13	0	1
Den Haag	2	0	0	4	3	0	0
Groningen	17	5	0	18	29	0	2
Haarlem	0	0	0	0	2	0	0
's-Hertogenbosch	9	0	0	2	4	0	0
Leeuwarden	4	0	0	0	5	0	0
Lelystad	0	0	0	0	1	0	0
Maastricht	2	0	0	1	0	0	0
Middelburg	2	0	0	2	0	0	1
Utrecht	35	0	0	2	5	0	1
Zwolle	5	0	0	0	5	0	1

Bij het achterhalen van wadi's is onderscheid gemaakt tussen reguliere wadi en beplante wadi's. Laatstgenoemde staan daadwerkelijk zo geregistreerd in ClimateScan en bevatten een rijkere biodiversiteit dan de reguliere wadi's.

In de Nederlandse provinciehoofdsteden zijn in de periode 2017-2021 geen oppervlaktewaterberging & infiltratie-elementen en geen waterpleinen toegevoegd in ClimateScan.

Resultaten dataverzameling m.b.v. GEE

De tabellen met gegevens die zijn voortgekomen aan de hand van de GEE-analyse zijn opgenomen in bijlage IV.

5.2 Dataverwerking

In deze paragraaf staan de resultaten van de dataverwerking van ClimateScan en GEE weergegeven.

Verwerken data ClimateScan

Vooraleer de daadwerkelijke benchmarking heeft kunnen plaatsvinden, zijn de absolute aantallen objecten per categorie eerst relatief gemaakt, hetgeen reeds is toegelicht in hoofdstuk 4.3. In bijlage VI staan de hieruit voortgekomen percentages weergegeven. Vervolgens zijn de wegingen toegevoegd en is er een optelling gemaakt van de percentages, die tenslotte zijn afgezet tegen een totaal van 100%. Zodoende ontstond naastgelegen rangschikking voor de percentages objecten van ClimateScan (zie Tabel 6).

Tabel 6: Percentages objecten ClimateScan

Percentage totaal	
Gemeente	Percentage
Assen	7%
Arnhem	13%
Den Haag	4%
Groningen	46%
Haarlem	1%
's-Hertogenbosch	4%
Leeuwarden	2%
Lelystad	0%
Maastricht	1%
Middelburg	5%
Utrecht	11%
Zwolle	6%
Totaal	100%

Verwerken data GEE

Naastgelegen tabel (zie Tabel 7) bestaat uit een overzicht van de relatieve verandering van groenreflectie van de stedelijke centra van de Nederlandse provinciehoofdsteden tussen 2017 en 2021. Een positieve waarde staat hierbij voor een toename van de groenreflectie, een negatieve waarde staat voor een afname hiervan. De afname hiervan betekent meestentijds een toename versterkingsreflectie van hetzelfde percentage; slechts een enkele keer wijzigt het percentage open water. In bijlage IV staan de verkregen oppervlaktes en bijbehorende percentages per provinciehoofdstad weergegeven.

Tabel 7: Verandering groenreflectie tussen 2017-2021

Verandering groenreflectie	
Gemeente	Percentage
Assen	0,4
Arnhem	-0,2
Den Haag	0,4
Groningen	-0,7
Haarlem	0,9
's-Hertogenbosch	0,9
Leeuwarden	-0,4
Lelystad	-22,3
Maastricht	3,5
Middelburg	-0,1
Utrecht	1,0
Zwolle	-0,2

5.3 De ranglijst

In deze paragraaf is antwoord gegeven op de vraag welke van de Nederlandse provinciehoofdstad in de afgelopen vijf jaar, op basis van de gehanteerde technieken, de meeste vooruitgang heeft geboekt op het gebied van klimaatadaptatie.

Voor het opstellen van de benchmark zijn de relatieve uitkomsten getransformeerd in absolute scores. In de hiernaast geprojecteerde Tabel 8 staan per provinciehoofdstad de scores van de ClimateScan-analyse en GEE-analyse weergegeven, gevolgd door een totaalscore hiervan. Tenslotte is op basis van de totaalscore de eindscore voor klimaatadaptatie bepaald.

Tabel 8: Benchmarking progressie in klimaatadaptatie

Benchmarking klimaatadaptatie				
Gemeente	ClimateScan	GEE	Totaal	Score
Assen	4	4	8	2
Arnhem	2	6	8	2
Den Haag	7	4	11	5
Groningen	1	8	9	3
Haarlem	10	3	13	6
's-Hertogenbosch	7	3	10	4
Leeuwarden	8	7	15	7
Lelystad	10	9	19	8
Maastricht	9	1	10	4
Middelburg	6	5	11	5
Utrecht	3	2	5	1
Zwolle	5	6	11	5

In de hiernaast geprojecteerde Tabel 9 staat de benchmarking van de Nederlandse provinciehoofdsteden weergegeven op basis van score. Volgens de gehanteerde onderzoeksmethodiek heeft de provinciehoofdstad Utrecht in de periode 2017-2021 de meeste progressie gemaakt in klimaatadaptatie, gevolgd door Assen en Arnhem.

Tabel 9: Benchmark progressie in klimaatadaptatie

Progressie in klimaatadaptatie	
Gemeente	Score
Utrecht	1
Assen	2
Arnhem	2
Groningen	3
's-Hertogenbosch	3
Maastricht	4
Den Haag	5
Middelburg	5
Zwolle	5
Haarlem	6
Leeuwarden	7
Lelystad	8

6 Validiteit, betrouwbaarheid en relevantie

Dit onderzoek bestond uit een tweetal delen. Allereerst werd de term *klimaatadaptatie* ingekaderd, aan de hand waarvan indicatoren zijn achterhaald waarmee klimaatadaptatie op een kwantitatieve wijze meetbaar kon worden gemaakt. Het tweede deel bestond uit de het vergaren van de ruwe data en het verwerken daarvan. In dit hoofdstuk is op beide onderzoeksdelen gereflecteerd. Hierbij wordt de validiteit van de onderzoeksmethodiek en de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten getoetst. Tenslotte wordt geconcludeerd in hoeverre het resultaat relevant en bruikbaar is.

6.1 Gevalideerde inkadering van klimaatadaptatie

In het beginstadium van het onderzoek is de term *klimaatadaptatie* ingekaderd. Dit is gedaan op basis van desktopstudie en aan de hand van de input die is vergaard tijdens een brainstormsessie met 'vertegenwoordigers klimaatadaptatie' van de Nederlandse provinciehoofdsteden. Uiteindelijk is een definitie van *klimaatadaptatie* opgesteld conform actuele beleidsdocumenten op het gebied van klimaatverandering en de praktische input die werd geleverd tijdens de brainstormsessie. Vanwege het feit dat de inkadering zodoende op meerderlei wijze is gevalideerd, is geconcludeerd dat de opgestelde definitie valide is.

6.2 Openbare databronnen onvolledig

ClimateScan

Voor het achterhalen van het aantal reguliere wadi's, beplante wadi's, oppervlaktewaterberging & infiltratie, waterbergingsgebieden, groene daken, waterpleinen en het aantal ontsteningsprojecten van Stichting Steenbreek is ClimateScan gebruikt. ClimateScan is een open source platform waarop willekeurige gebruikers data kunnen invoeren. Het kan echter niet voor vanzelfsprekend worden aangenomen dat potentiële kandidaten hierop daadwerkelijk informatie toevoegen. Dit gegeven maakt de inputdata van ClimateScan met het oog op het huidige onderzoek tamelijk willekeurig: als er binnen een bepaalde provinciehoofdstad een enthousiasteling alle mogelijke relevante data heeft ingevoerd, terwijl in een aangrenzende stad deze enthousiasteling ontbrak, zou dit onterecht kunnen leiden tot harde conclusies over de mate van klimaatadaptatie. Zie Figuur 13 voor een illustratief voorbeeld hiervan.

Illustratie betrouwbaarheid ClimateScan

Na het vergaren van de ruwe data en verwerken daarvan, is geconcludeerd dat de aantallen in ClimateScan geregistreerde objecten niet de mate van klimaatadaptatie representeren. Tijdens de tweede brainstormsessie kwam bijvoorbeeld naar voren dat in Arnhem in afgelopen twee jaar ongeveer 8000 m² groene dak is gerealiseerd. Hiertegenover zijn in een periode van vijf jaar slechts 13 groene daken in ClimateScan geregistreerd.

Figuur 13: : Illustratie betrouwbaarheid ClimateScan

Daarnaast kunnen de data op elk willekeurig moment worden toegevoegd in ClimateScan. Hierbij wordt de registratiedatum van de invoer automatisch toegevoegd; er hoeft echter niet noodzakelijkerwijs een realisatiedatum van het object worden toegevoegd. Tijdens het onderzoek is de progressie van klimaatadaptatie in de periode 2017-2021 onderzocht. Daarvoor zijn uit ClimateScan alle bovengenoemde en in de tussenliggende periode ingevoerde objecten verzameld, afgezien degenen waar expliciet een realisatiedatum bij stond vermeld die buiten de onderzoeksperiode lag. Dit gegeven leidt tot het feit dat er tijdens de analyse objecten kunnen zijn

meegewogen die mogelijk al vele jaren eerder zijn gerealiseerd, maar pas in de onderzoeksperiode zijn toegevoegd.

Kortom, ClimateScan is open source; er is geen overkoepelde data-input. Dit leidt tot

- ✓ mogelijk niet adequaat, en
- ✓ mogelijk niet accuraat
zijn van de data

ClimateScan kan dus een geschikt hulpmiddel zijn voor het inzichtelijk maken van klimaatadaptatieve maatregelen, maar is geen valide onderzoekstechniek voor het benchmarken van progressie in klimaatadaptatie. De verkregen resultaten zijn niet-dekkend en daardoor onvoldoende betrouwbaar voor het trekken van conclusies over de mate van klimaatadaptatie.

Om dit punt te tackelen, is een poging gedaan de data te verifiëren aan de hand van directe inputdata van gemeenten. Zoals genoemd (zie hoofdstuk 4.4), kon deze data echter niet meer worden verwerkt.

Google Earth Engine

De validiteit van de analyse die is uitgevoerd met behulp van GEE wordt hoger ingeschat, aangezien bij het genereren en verwerken van de ruwe data geen directe menselijke interpretatie aan te pas kwam. Dit geldt niet voor het vaststellen van de MNDWI- en NDVI-waarden, wat is gedaan op basis van literatuuronderzoek en expert judgement. Deze menselijke interpretatie is wegens de genoemde zorgvuldigheid voldoende gevalideerd. De satellietbeelden zijn echter ook niet volledig adequaat voor het doel waarvoor ze zijn gebruikt, aangezien het detailniveau ervan vrij klein is. Daardoor zijn kleine aanpassingen in stedelijk gebied niet volledig door GEE zijn achterhaald.

Daarnaast kunnen er overhaaste, onterechte conclusies worden verbonden aan de uitkomsten van de analyse met GEE, aangezien er geen rekening wordt gehouden met – wellicht positieve – stedelijke ontwikkelingen. De laatste jaren zijn er aan de randen van het stedelijk gebied allerlei Vinex-wijken bijgebouwd. Het is zeker mogelijk dat deze wijken uitermate klimaatadaptief zijn aangelegd. Het verifiëren van deze stellingname viel echter buiten de scope van het huidige onderzoek, aangezien dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van openbare data. Tijdens het onderzoek is getracht de progressie van klimaatadaptatie in een periode van 5 jaar te achterhalen aan de hand van openbare data. Het selectief focussen op de ontwikkeling van groen versus verharding resulteert dus niet direct in een relevant beeld van de ontwikkeling van klimaatadaptatie van gemeenten. Daarvoor is het nodig om in detailniveau te kijken. Zie Figuur 14 voor een illustratief voorbeeld.

Illustratie betrouwbaarheid GEE

Bij de bespreking van de betrouwbaarheid van de GEE-analyse wordt ingezoomd op de resultaten in Groningen. In deze provinciehoofdstad is volgens de analyse 0,7% van het totale grondoppervlak tussen 2017 en 2021 getransformeerd van groen in verhard oppervlak. In Groningen is momenteel echter een groot wegenbouwproject gaande. Dit is terug te zien in de luchtfoto's die zijn gekoppeld aan de satelliet-analyse. Langs de verkeersader A28 en N7 zijn veel bomen gekapt, is een weg omgelegd en is in 2021 een grote bouwkuip te zien. Dit is terug te zien in de vergroeningsindex; Groningen scoort aanzienlijk op toename van versterking. Dit hoeft niet logischerwijs een direct gevolg te zijn van minder goed adapteren aan het veranderende klimaat. Het is immers mogelijk dat het project zeer klimaatadaptief is en dat er tijdens het ontwerp veel aandacht is geschonken aan waterberging en beschaduwning van wegen. In een later stadium zouden weer bomen kunnen worden aangeplant. In de satellietanalyse zijn deze aspecten uiteraard allemaal niet meegewogen, wat kan leiden tot onjuiste conclusies met betrekking tot de klimaatadaptatie van Groningen. Ook in andere gemeenten is in de periode 2017-2021 gebouwd. Het nadeel van een analyse met metadata is dat deze details niet worden meegewogen.

Figuur 14: Illustratie betrouwbaarheid GEE

Zonder direct harde conclusies te trekken, kan het echter wel waardevol zijn om de relatieve verandering van groen versus verharding tussen de steden onderling te analyseren, wat in deze analyse is gebeurd. De uitkomsten van de satellietanalyse moeten namelijk niet als een absolute waarden worden geïnterpreteerd, aangezien de analyse een reflectie van water, verharding en groen weergeeft en niet zozeer exacte oppervlaktes presenteert.

Kortom: de kwantitatieve methodiek vormde een aanzet om te komen tot een passende methode voor het inzichtelijk maken van progressie in klimaatadaptatie. ClimateScan is onbruikbaar voor het doel waarvoor het momenteel is gebruikt. Ditzelfde geldt voor de Google Earth Engine techniek: het bevat interessante aanknopingspunten voor verdere analyse, maar is momenteel dusdanig grofmazig dat ook deze niet geschikt is te noemen voor het doel waartoe het momenteel is gebruikt.

Op basis van bovenstaande bevindingen kan worden geconcludeerd dat het onderzoeksresultaat momenteel onvolledig is voor publicatie. Bij de gehanteerde onderzoeksmethodiek moesten teveel concessies worden gedaan en de onderzoeksresultaten zijn niet representatief te noemen voor de progressie in klimaatadaptatie in de periode 2017-2021.

6.3 Relevantie resultaten

De opgave die centraal stond tijdens de uitvoering van dit onderzoek viel in twee sub-opgaven uiteen: een opgave voor Nederlandse provinciehoofdsteden om versneld klimaatadaptief te worden én een opgave van de opdrachtgever van dit onderzoek, om een bijdrage te leveren aan het klimaatbestendig maken van de Nederlandse delta en het creëren van naamsbekendheid. De benchmark en het daaraan gekoppelde artikel zouden hierbij een opstapje kunnen vormen in het benaderen van de Nederlandse provinciehoofdsteden voor het bieden van passende oplossingen ten behoeve van het klimaatadaptief maken van het ruimtelijke domein. Na de uitvoering van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat het doel van de opdrachtgever is gehaald: de Nederlandse provinciehoofdsteden zijn benchmarkt op de progressie in klimaatadaptatie worden in een periode van vijf jaar. De opdrachtgever kan met behulp van het artikel waarin deze uitkomsten zijn beschreven naar de steden toestappen om het gesprek over klimaatadaptatie aan te gaan en kansen te bieden om nog meer klimaatadaptief te worden (zie hoofdstuk 2). De vraag naar de mate van betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten is in dit geval in mindere mate van belang.

Daarnaast staat de vraag of de in dit onderzoek gestelde onderzoeksvraag wel aansluit bij de opgave die er ligt vanuit de maatschappij. In de tweede brainstormsessie werd de vraag gesteld of een benchmarking van de progressie in klimaatadaptatie in een bepaalde periode wel een geschikt middel is om de klimaatadaptatie een impuls te geven. Het bleek dat de behoefte vanuit de provinciehoofdsteden niet direct ligt bij een antwoord op de vraag waar andere steden liggen met het klimaatadaptief worden van de openbare ruimte, maar vooral bij een methode aan de hand waarvan kan worden getoetst of alle inspanningen op het gebied van klimaatadaptatie daadwerkelijk leiden tot het beoogde doel. In het licht van deze wens kan worden geconcludeerd dat het huidige onderzoeksresultaat onvoldoende geschikt is voor het bieden van een impuls bij het klimaatadaptief worden van steden.

7 Aanbevelingen

In dit afsluitende hoofdstuk staan een aantal aanbevelingen gegeven ten behoeve van verdere ontwikkeling van de benchmark. Hierbij volgen allereerst inhoudelijke en vervolgens procesmatige aanbevelingen. Tenslotte is een concreet advies gegeven met betrekking tot vervolgstappen.

7.1 Verbeteren onderzoeksmethodiek

Datavergaring

Tijdens dit onderzoek is een poging gedaan om data over klimaatadaptatieve maatregelen rechtstreeks van gemeenten te verkrijgen, wat echter niet gelukt is. In vervolgonderzoek zou hiermee verdergegaan kunnen worden. Hierbij wordt de onderzoeks-insteek lichtelijk gewijzigd, aangezien het kwantitatieve onderzoek niet meer volledig wordt uitgevoerd aan de hand van openbare data. Dit hoeft echter geen brekpunt te zijn bij het opstellen van een benchmark.

Google Earth Engine

Tijdens dit onderzoek is in GEE gebruikgemaakt van openbare satellietbeelden. De resolutie van deze beelden was echter relatief klein, wat resulteerde in het feit dat de resultaten niet op groot detailniveau konden worden geanalyseerd en daardoor niet altijd even correct onderscheid kon worden gemaakt tussen open water, groen en verhard. Het advies is om bij mogelijk vervolgonderzoek (commerciële) beelden te gebruiken met een hogere resolutie, zodat de resultaten accurater zullen zijn. Daarnaast kwam uit de analyse een bepaalde verhouding tussen oppervlakte open water, groen en versterking naar voren. Het percentage groenreflectie ten opzichte van het percentage reflectie versterkend oppervlak en het percentage waterreflectie viel hierbij echter erg hoog uit. Daarom volgt de aanbeveling om de MNDWI- en de NDVI-waarden nader af te stellen, zodat de uitkomsten van de GEE-analyse beter overeenkomen met het daadwerkelijke landgebruik.

Andere indicatoren onderzoeken

De focus is tijdens dit onderzoek sterk gelegd op een select aantal indicatoren die klimaatadaptatie volgens de drie gehanteerde categorieën representeren. Klimaatadaptatie is echter veel breder te trekken dan de onderzochte indicatoren. Het advies is daarom om bij eventueel vervolgonderzoek ook andere indicatoren te onderzoeken en mogelijk ook beleidsmatige ontwikkelingen te betrekken bij het onderzoek naar progressie in klimaatadaptatie.

Nadere uitwerking artikel

De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in een conceptartikel. Ingeval Antea Group vervolgonderzoek niet noodzakelijk acht en direct verder wil met de uitkomsten van dit onderzoek, wordt geadviseerd om het artikel eerst van een nadere uitwerking te voorzien alvorens het te publiceren. Deze 'nadere uitwerking' betreft hoofdzakelijk het verder structureren van de onderzoeksresultaten en het finetunen van de opmaak.

7.2 Focus op ontwikkeling

Naast de bovenstaande, inhoudelijke aanbevelingen kwam er een andersoortige vraag naar voren tijdens de tweede brainstormsessie: de vraag of de in dit onderzoek gestelde onderzoeksvraag wel aansluit bij de opgave die er ligt vanuit de maatschappij. In de brainstormsessie vroeg men zich af of een benchmarking van de progressie in klimaatadaptatie in een bepaalde periode wel een geschikt middel is om de klimaatadaptatie een impuls te geven, wat het doel was van dit onderzoek. Het bleek dat de behoefte vanuit de provinciehoofdsteden niet direct ligt bij een antwoord op de vraag waar andere steden liggen met het klimaatadaptatief worden van de openbare ruimte, maar vooral bij een methode aan de hand waarvan kan worden getoetst of alle inspanningen op het gebied van

klimaatadaptatie daadwerkelijk leiden tot het beoogde doel (zie hoofdstuk 6.3). Daarom volgt het procesmatige advies om de focus van dit onderzoek te verleggen naar de vraag *hoe* ontwikkelingen in klimaatadaptatie kunnen worden gemonitord. Een eerste aanzet daartoe is tijdens dit onderzoek reeds gegeven: in bijlage VII staat een deel van het GEE-script waarmee de reflectie-oppervlaktes open water, groen en versterking op buurniveau kunnen worden geanalyseerd. In combinatie met de aanbevelingen die hierboven zijn gedaan over het toevoegen van satellietbeelden met een hogere resolutie én een nadere afstelling van de MNDWI- en NDVI-waarden, kan mogelijk worden gemonitord wat de uitwerking van lokaal toegepaste klimaatadaptieve maatregelen is geweest.

7.3 Vervolgstappen

Aan de hand van bovenstaande aanbevelingen volgt tenslotte een concreet advies aan Antea Group met het oog op vervolgactiviteiten. Het advies is om allereerst het *GEE-script voor analyse op buurniveau* (zie bijlage VII) verder uit te werken en zodoende bruikbaar te maken. Daarnaast wordt geadviseerd het artikel geschikt te maken voor publicatie en dit vervolgens te publiceren. Daarna kunnen de stappen worden genomen die Antea Group op voorhand van plan was: met de ranglijst in de hand contact zoeken met de Nederlandse provinciehoofdsteden en de steden haar diensten aanbieden ten behoeve van het verder klimaatadaptief maken van de openbare ruimte. Vervolgens kan direct worden tegemoetgekomen aan de wens van de provinciehoofdsteden – namelijk het verkrijgen van een monitoringstool waarmee ontwikkeling van klimaatadaptieve maatregelen inzichtelijk kan worden gemaakt –, wanneer Antea Group het tot op buurniveau uitgewerkte GEE-script presenteert. Daarmee kunnen de steden zelfstandig hun ontwikkeling in klimaatadaptieve maatregelen op de gewenste, lokale schaal monitoren.

Bronnen

- Amsterdam Rainproof. (z.d.). *Water vasthouden en bergen*. Opgeroepen op mei 04, 2022, van www.rainproof.nl: <https://www.rainproof.nl/thema/water-vasthouden-en-bergen>
- Antea Group. (2021). *Methodiek - Meest Klimaatadaptieve gemeente van Nederland*.
- Antea Group. (2022). *Businesslijn Stad & Klimaat*. Opgeroepen op juni 6, 2022, van www.anteagroup.nl: <https://anteagroup.nl/businesslijnen/stad-klimaat>
- Antea Group. (z.d.). Opgeroepen op februari 03, 2022, van www.int.anteagroup.com: <https://int.anteagroup.com/>
- Antea Group. (z.d.). Opgeroepen op februari 03, 2022, van www.anteagroup.nl: <https://anteagroup.nl/businesslijnen/stad-klimaat>
- CBS. (2022). *Stedelijkheid*. Opgeroepen op mei 21, 2022, van www.cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/44/meeste-afval-per-inwoner-in-minst-stedelijke-gemeenten/stedelijkheid>
- CBS. (2022). *Wijk- en buurtkaart 2021*. Opgeroepen op mei 23, 2022, van www.cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-buurtkaart-2021>
- City Deal Klimaatadaptatie. (2019). *Klimaatadaptatie in de omgevingswet*.
- ClimateScan. (z.d.). *Interactive map*. Opgeroepen op mei 05, 2022, van www.climatecan.nl: <https://climatecan.nl/#filter-1>
- Deltaprogramma. (z.d.). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.deltaprogramma.nl: <https://www.deltaprogramma.nl/themas/ruimtelijke-adaptatie/deltaplan>
- Deltares. (2015). *Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving*.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. (z.d.). Opgeroepen op februari 03, 2022, van www.klimaat.be: <https://klimaat.be/klimaatbeleid/internationaal/overeenkomst-van-parijs>
- Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns. (2011). *GraBS Expert paper 2: Participatie in Klimaatadaptatie*. Londen: Town and Country Planning Association.
- Groningen, P. g., Hertogenbosch, p. g., & Lelystad, p. g. (2022, april 13). Brainstormsessie t.b.v. onderzoek klimaatadaptatie Nederlandse provinciehoofdsteden. (G. Bronkhorst, Interviewer)
- Hydrology and Earth System Sciences. (2019, januari 15). *Impact of climate model resolution on soil moisture*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.hess.copernicus.org: <https://hess.copernicus.org/articles/23/191/2019/hess-23-191-2019.pdf>
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Summary for policymakers, working group II contribution to the intergovernmental panel on climate change, fourth*.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change*. Opgeroepen op juni 10, 2022, van <https://report.ipcc.ch/>: https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf

- KAN - klimaatadaptief bouwen mét de natuur. (z.d.). *Wilde wadi's vangen water en zorgen voor biodiversiteit*. Opgeroepen op mei 05, 2022, van www.kanbouwen.nl:
<https://www.kanbouwen.nl/2022/04/28/wilde-wadis-vangen-water-en-zorgen-voor-biodiversiteit/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (2018, december 18). www.klimaatadaptatienederland.nl.
Opgeroepen op juni 6, 2022, van Water: een koelelement in de warme stad?:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/interview-klok-sol/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (2021, augustus 09). *Nieuw IPCC-rapport: temperatuur stijgt sneller dan verwacht*. Opgeroepen op 01 17, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2021/nieuw-ipcc-rapport/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (sd). *Gevolgen voor de gezondheid*. Opgeroepen op juni 6, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/hitte/gevolgen-maatregelen/gezondheid/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). Opgeroepen op februari 17, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). *Achtergrondinformatie wateroverlast*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/achtergrondinformatie-wateroverlast/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). *Droogte*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/droogte/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). *Klimaatstresstest*. Opgeroepen op april 21, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). *Oorzaken van de toenemende hitte*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.klimaatadaptatienederland.nl: <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/hitte/oorzaken/>
- KNMI. (2021, oktober 25). Opgeroepen op februari 17, 2022, van www.knmi.nl:
<https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/klimaatsignaal21>
- KNMI. (2021, januari 5). *Nederland warmt ruim 2 keer zo snel op als de wereldgemiddelde temperatuur*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/nederland-warmt-ruim-2-keer-zo-snel-op-als-de-rest-van-de-wereld#:~:text=De%20temperatuur%20in%20Nederland%20is,ruim%20%20%C2%BC%20toegenomen>
- KNMI. (z.d.). *Droogtemonitor*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.knmi.nl:
<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/droogtemonitor>
- KNMI. (z.d.). *Uitleg over Droogte*. Opgeroepen op mei 25, 2022, van www.knmi.nl:
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- KNMI. (z.d.). *Uitleg over Extreme neerslag*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.knmi.nl:
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/extreme-neerslag>

- KNMI; Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland*. Opgeroepen op mei 24, 2022, van www.cdn.knmi.nl: https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/klimaatbrochures/Brochure_KNMI14_NL.pdf
- Martine Coevert Advies. (2019, februari 23). *Toename verzakkingen door droogte*. Opgeroepen op juni 9, 2022, van www.martinecoevert.nl: <https://www.martinecoevert.nl/toename-verzakkingen-door-droogte/>
- Mijn Waterfabriek. (z.d.). *Groendak met hergebruik en infiltratie regenwater*. Opgeroepen op mei 09, 2022, van www.mijnwaterfabriek.nl: <https://www.mijnwaterfabriek.nl/product/groendak-met-hergebruik-regenwater>
- Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken. (z.d.). *Groen voor klimaat*. Opgeroepen op mei 07, 2022, van www.wur.nl: https://www.wur.nl/upload_mm/5/8/8/6464c9a7-e6db-4893-ad9c-cd0412364328_GroenvoorKlimaat.pdf
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2019, februari 15). *Advies aanpak knelpunten klimaatadaptief bouwen*. Opgehaald van file:///C:/Users/d18356/Downloads/advies_aanpak_knelpunten_klimaatadaptief_bouwen_1_1.pdf
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. (z.d.). *Klimaatstresstest*. Opgehaald van Cultureel erfgoed: <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/water-en-klimaat/klimaatstresstest>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). *Maatregelen klimaatadaptief en natuurinclusief bouwen en renoveren*. Opgeroepen op juni 7, 2022, van www.infographics.rvo.nl: <https://infographics.rvo.nl/klimaatadaptatie/maatregelen/#mii-rvokam-bouwen-en-renoveren>
- Sáez, L., Heras-Saizarbitoria, I., & Rodríguez-Núñez, E. (2020, februari). Opgeroepen op februari 05, 2022, van www.sciencedirect.com: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670719321754>
- Sentinel. (z.d.). *Resolutietabel Sentinel COPERNICUS S2*.
- Smit B, B. I. (1999). The science of adaptation: a framework for assessment. In F. Wagner, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (pp. 199–213).
- Space4water Portal. (2019, februari 1). *Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)*. Opgeroepen op juni 9, 2022, van www.space4water.org: <https://www.space4water.org/taxonomy/term/1246>
- Space4water Portal. (2019, februari 1). *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. Opgeroepen op juni 9, 2022, van www.space4water.org: <https://www.space4water.org/taxonomy/term/1239>
- Stichting Steenbreek. (z.d.). *Vang jij al regenwater op in de tuin?* Opgeroepen op 05 06, 2022, van www.steenbreek.nl: <https://steenbreek.nl/wp-content/uploads/2021/10/DEF-flyer-OHM-Vang-jij-al-regenwater-op-in-de-tuin-webversie.pdf>
- SWECO. (2022). Opgeroepen op februari 05, 2022, van www.sweco.nl: <https://www.sweco.nl/urban-insight/klimaatadaptatie/>

WUR; Topsector project Prettig Groen Wonen. (2021, december 15). *Groencatalogus Sociale Woningbouw*. Opgeroepen op mei 06, 2022, van [www.edepot.wur.nl](https://edepot.wur.nl/565920): <https://edepot.wur.nl/565920>

Bijlagen

Bijlage I: Uitwerking brainstormsessie 1

Brainstormsessie 1 klimaatadaptatie Nederlandse provinciehoofdsteden - 13 april 2022

Geleid door: Gerrelt Bronkhorst, afstudeerder bij Antea Group

Aanwezigen: *participant gemeente Groningen* namens gemeente Groningen, *participant gemeente Lelystad* namens gemeente Lelystad, Janna Sinke namens Antea Group, *participant gemeente 's-Hertogenbosch* namens gemeente 's-Hertogenbosch

Vraag 1: Wat verstaan jullie onder klimaatadaptatie?

Klimaatadaptatie is erg breed en gaat van maatregelen op strategisch niveau via maatregelen op tactisch niveau tot maatregelen op operationeel niveau. Integraal en sector-overschrijdend aanpakken van klimaatadaptatie is van belang om draagvlak te creëren dan wel te vergroten. Hieronder valt het breder maken van de klimaatproblematiek, wat resulteert in het kunnen meekoppelen van kansen die verder reiken dan slechts het adapteren aan het veranderende klimaat.

Menigeen denkt dat klimaatadaptatie alleen een fysiek-domein-probleem is, terwijl het menselijk gedrag als gevolg van de klimaatverandering een veel grotere impact heeft dan dat zij nu wil inzien, aldus **participant gemeente 's Hertogenbosch**.

Klimaatadaptatie vraagt om op een hele andere manier te kijken naar de inrichting van de stad. Het bodem- en watersysteem zullen veel meer leidend moeten zijn bij de keuzes die worden gemaakt, aldus **participant gemeente Groningen**. De wat 'zachtere waarden' – zoals het vergroenen van de stad, het vergroten van de biodiversiteit, het realiseren van ontmoetingsplekken en speelplekken – komen vaak wat minder prominent aan bod bij de ontwikkeling van de stad. Met klimaatadaptatie in de hand heb je een veel steviger verhaal om deze 'zachtere waarden' een plaats te geven.

Volgens **participant gemeente Lelystad** zijn er in Flevoland best wel veel klimaatadaptatieve maatregelen die om nog méér maatregelen vragen om te zorgen dat de betreffende maatregelen goed werken (zo vragen wadi's en waterdoorlatende bestrating om extra aanpak wegens kleilaag en hoge grondwaterstand). Ook nadenken over de positionering en inrichting van gebouwen is van belang (plaatsing ramen, materiaalgebruik, kleur gevels en bestrating, natuurinclusief bouwen). Klimaatadaptatie moet bijdragen aan (herstel van) een robuust ecosysteem. Een gezonde omgeving voor alles wat er leeft en groeit is van belang. "We moeten ons veel meer realiseren dat we deze maatregelen nemen voor onze eigen gezondheid; en hoe beter we zorgen voor de systemen waar wij deel van uitmaken in plaats van waar wij boven staan, hoe beter het uiteindelijk in de praktijk werkt", aldus **participant gemeente Lelystad**. Een beter leefomgeving komt ten goede van onze leefbaarheid en onze eigen gezondheid.

Voor een visuele uitwerking van brainstormvraag 1, zie figuur XY

Klimaatadaptatie

strategisch

- groen blauw beleid verder uitwerken
- omvormen GRP naar klimaatbudget
- financiële middelen samenvoegen
- Nieuwe blik op onze leefomgeving, water en bodem als basis bij ruimtelijke ontwikkelingen, andere vormen van landgebruik noodzakelijk
- sociale domein in stelling brengen
- multidisciplinaire oplossingen in plaats van solo
- klimaatadaptatie als motor voor ruimtelijke en sociaal vasthouden & meer ruimte voor biodiversiteit, groen, ontmoetingsplekken en speelplekken, gezondheid
- integrale aanpak met andere opgaven

tactisch

- beheer aanpassen aan omstandigheden (minder maaien in de zomer, langer gras werkt hittedreuerend)
- reduceren verharding
- sociale aanpassingen bij hitte (hitteplan)
- bewustwording burgers en woningcoöperaties vergroten
- circulair aanbesteden
- Toekomstbestendige leefomgeving
- Koppeling met biodiversiteit
- Robuuste ecosystemen
- gezonde leefomgeving
- ecologische hoofdstructuur

operationeel

- aanpassen groen naar hoogwaardig groen (gras alleen doet niet zoveel)
- fysieke aanpassingen in de openbare ruimte, tav waterberging, hittestress, droogte
- energiereductie van gebouwen en technische installaties en andere energiebronnen gebruiken (bv zonnepanelen)
- voorkomen van schade door regenwateroverlast
- Voorkomen van schade door droogte
- Hittebestendig
- zowel klimaat adaptief bouwen en ontwikkelen als inrichting van de openbare ruimte
- Verbetering kwaliteit van groen

Vraag 2: Op welke wijze borgen jullie deze klimaatadaptatie in de organisatie?

Ontwerpleidraad: minder ruimte voor parkeren, meer aandacht voor groen, waterberging, ontmoeten, gezondheid, sport en spelen... Deze leidraad is voor 14 wijken gebruikt, om te onderzoeken welk soort wijken aan de hand hiervan kunnen worden gecreëerd. Hiermee wordt klimaatadaptatie niet zozeer ingestoken vanuit klimaatadaptatie, maar meer vanuit een integrale aanpak van de openbare ruimte, aldus **participant gemeente Groningen**.

Het is niet de vraag óf we klimaatadaptatie gaan doen, maar meer de vraag hoe we het gaan doen, aldus participant **gemeente Lelystad**. Convenant toekomstbestendig bouwen: integraal toetsingskader waarmee aan de voorkant klimaatadaptatie, energie, biodiversiteit en gezondheid kan worden geïntegreerd. Aan de hand van een regionale en lokale adaptatiestrategie worden deze doelen geborgd. Zo is er ruimte voor maatwerk-maatregelen op de juiste plaats.

Er is een kennistekort: wat werkt waar? Welke maatregelen zijn het beste op welke plek? Wat dat betreft is het heel erg zoeken. Om het kennisniveau op te krikken, worden masterclasses aangeboden.

Hoe wordt klimaatadaptatie meegenomen in een aanbesteding? Schakelen tussen diverse vormen/niveaus blijft een uitdaging.

Volgens **participant gemeente 's Hertogenbosch** is in 's Hertogenbosch begonnen met een regenwaterbeleid, die inmiddels is omgevormd tot een groen-blauwbeleid. Met woningbouwcorporaties is een convenant afgesloten, om ook daar de klimaatadaptatie mee te nemen. Je ziet dat er veel claims op een vierkante meter zijn, waardoor momenteel nogal eens dat klimaataspect redelijk snel blijkt te sneuvelen.

Participant gemeente Lelystad vindt de politieke omgeving complex, wegens tegengesteld lijkende/zijnde wensen (bijv. enerzijds moeten bezuinigen op groenonderhoud, maar ondertussen klimaatrobust worden en de kwaliteit van groen omhoog brengen, zonder dat daar extra budget voor vrijkomt). Impulsregeling klimaatadaptatie helpt: voor klimaatmaatregelen kan je 1/3 cofinanciering aanvragen. Kansen meepakken door crowdfunding of grote investeringsmaatschappijen die hun voetafdruk willen afkopen vormt wel een kans. Op die manier kost adaptatie je op den duur wellicht zelfs niets. "We moeten die hete aardappel prakken en iedereen kan een stukje doen, in plaats van dat de gemeente alles moet doen".

Vraag 3: Welke categorieën met bijbehorende indicatoren zijn volgens jullie van belang om klimaatadaptatie te kunnen kwantificeren?

Participant gemeente Lelystad: Over Morgen heeft een regionale en lokale adaptatiestrategie gemaakt. Partner Arcadis is bezig met het maken van een klimaatmonitor met bijbehorend dashboard, waarmee klimaatadaptatie kan worden gekwantificeerd (hoeveelheid stenen ten opzichte van groen, etc.).

Participant gemeente Groningen: Onderzoek Touw in Groningen: niet alleen resultaten en effecten van klimaatadaptatie inzichtelijk maken, maar ook aandacht geven aan het proces daarnaartoe (welke subsidieregelingen zijn er, hoe betrek je coöperaties en bedrijven bij klimaatadaptatie, wat is het effect van de maatregelen?). Dit is dus breder dan alleen klimaatadaptatie.

Participant gemeente 's Hertogenbosch: Het is lastig om steden met elkaar te vergelijken, want zelfs in 's Hertogenbosch zijn al enorme verschillen waar te nemen tussen woonwijken. Sweco heeft op basis van luchtfoto's en GIS-analyses bepaald hoeveel overtollige verhard oppervlak er is die overbodig is en feitelijk gesaneerd zou kunnen worden. Dit blijkt verrassend veel te zijn!

Bijlage II: Script Google Earth Engine

Link naar GEE-script: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/gerreltbronkhorst/dataanalist

```
var maineCounties = ee.FeatureCollection('projects/ee-gerreltbronkhorst/assets/Provinciehoofdsteden_union')
.filter(ee.Filter.eq('gm_naam', 'Arnhem'));

var Plangebied = maineCounties.getInfo();

print('Oppervlak van het plangebied in m2', Plangebied.features[0].properties['Shape_Area'])

var Plangebied = maineCounties;
```

```
// Voorbeeld verkleining plangebied en oppervlaktes tot stadscentrum Arnhem
// var Plangebied = Stadscentrum
```

```
var plangebied = ee.FeatureCollection('projects/earthengine-legacy/assets/users/v/water_licht')
.filterBounds(Plangebied)

//print(plangebied, 'watergangen')
```

```
////// Wolkenfilter

function maskS2clouds(image) {

  var qa = image.select('QA60');

  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0).and(
    qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image.updateMask(mask).divide(10000)

  .select("B.*")

  .copyProperties(image, ["system:time_start"]);

}
```

```
////// For water

var waterkaart = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
.filterBounds(Plangebied)
.filterDate('2017-04-01', '2017-10-01')
.filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 2)
.map(maskS2clouds)
```

```

.median()

.clip(plangebied)

var waterkaart = waterkaart.normalizedDifference(['B8', 'B4']);

//// For 2017 image
var Copernicus_collection_2017 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(Plangebied)
  .filterDate('2017-04-01', '2017-10-01')
  .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 2)
  .map(maskS2clouds)

// Reduce the collection to the median value per pixel.
var median_L8_2017 = Copernicus_collection_2017
  .median()
  .clip(Plangebied)

var mndwi = median_L8_2017.normalizedDifference(['B3', 'B11']).gt(0.1).selfMask();
var waterkaart17 = waterkaart.blend(mndwi).gt(-1).selfMask().clip(Plangebied)

// Create an NDVI image using bands the NIR and red bands (5 and 4) for 2017.
var NDVI17 = median_L8_2017.normalizedDifference(['B8', 'B4']);
Map.addLayer(median_L8_2017, { min: 0.03, max: 0.20, bands: ['B4', 'B3', 'B2'] }, 'Luchtfoto17')

var empty = NDVI17.toByte()
var filled = empty.paint(plangebied, 2)
var both = filled.paint(Plangebied, 1, 5)
var result = both.mask(filled.neq(2)).gt(-1)

////For 2021 image
var Copernicus_collection_2021 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(Plangebied)
  .filterDate('2021-04-01', '2021-10-01')
  .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 2)
  .map(maskS2clouds)

// Reduce the collection to the median value per pixel.
var median_L8_2021 = Copernicus_collection_2021
  .median()
  .clip(Plangebied)

```

```
// Create an NDVI image using bands the NIR and red bands (5 and 4) for 2021.

var NDVI21 = median_L8_2021.normalizedDifference(['B8', 'B4']);

var NDVI21S = median_L8_2021.normalizedDifference(['B8', 'B4']);


var mndwi = median_L8_2021.normalizedDifference(['B3', 'B11']).gt(0.1).selfMask();
var waterkaart21 = waterkaart.blend(mndwi).gt(-1).selfMask().clip(Plangebied)


Map.addLayer(median_L8_2021, { min: 0.03, max: 0.20, bands: ['B4', 'B3', 'B2'] }, 'Luchtfoto21')
//Map.addLayer(median_L8_2021.select(['B3', 'B8']).normalizedDifference().selfMask(), { min: 0, max: 1 }, 'NDVI21');


// Create some visualization parameters
var stParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'red']};
var ndwiParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'blue', 'blue']};
var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
var diffParams = {min: -1, max: 1, palette: ['red', 'white', 'green']};
var legendagroenafname = {min: -1, max: 1, palette: ['green', 'white', 'red']};


// Center the map layer
Map.centerObject(Plangebied, 12);

Map.addLayer(Plangebied, {}, "Gemeente");

//Map.addLayer(NDVI17, ndviParams, "2017 NDVI");
//Map.addLayer(NDVI21, ndviParams, "2021 NDVI");


var NDVIDiff = NDVI21.subtract(NDVI17);

Map.addLayer(NDVIDiff, diffParams, "verandering groenindex 2017-2021");


// Adding a mask to retain just the negative values
var lowNDVImask = NDVIDiff.lt(0);
var lowNDVI = NDVIDiff.updateMask(lowNDVImask);
// Map.addLayer(lowNDVI, diffParams, "low NDVI only");


// -----
// -----

// hier worden de totale pixeloppervlakken met groen geteld //
//
var NDVI17_filter = NDVI17.gt(0.55).selfMask().rename('NDVI17_filter_tellen')
//NDVI17_filter = NDVI17_filter.mask(result);


var NDVI21_filter = NDVI21.gt(0.55).selfMask().rename('NDVI21_filter_tellen')
```

```
Map.addLayer(NDVI17_filter, ndviParams, "2017 NDVI groen");
Map.addLayer(NDVI21_filter, ndviParams, "2021 NDVI groen");

var c = NDVI17_filter.addBands(NDVI21_filter).addBands(NDVIdiff).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: Plangebied,
  crs: 'EPSG:4326',
  scale: 100,
});

print('Classificatie totaal groen: ')
print (c);

var GRINW17 = NDVI17.gt(0.55).mask(waterkaart17).selfMask().rename('groen_in_water17')
//NDVI17_filter = NDVI17_filter.mask(result);

var GRINW21 = NDVI21.gt(0.55).mask(waterkaart21).selfMask().rename('groen_in_water21')
//Map.addLayer(GRINW17, ndviParams, "GRINW17");
//Map.addLayer(GRINW21, ndviParams, "GRINW21");

var c = GRINW17.addBands(GRINW21).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: Plangebied,
  crs: 'EPSG:4326',
  scale: 100,
});

print('Oppervlak waarvan groen in water: ')
print (c);

// hier worden de totale pixeloppervlakken met verstening geteld //
var NDVI17_filterst = NDVI17.lt(0.55).selfMask().rename('NDVI17_filter_tellenst')
var NDVI21_filterst = NDVI21.lt(0.55).selfMask().rename('NDVI21_filter_tellenst')
Map.addLayer(NDVI17_filterst, stParams, "2017 NDVI steen");
Map.addLayer(NDVI21_filterst, stParams, "2021 NDVI steen");

var c = NDVI17_filterst.addBands(NDVI21_filterst).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: Plangebied,
  crs: 'EPSG:4326',
```

```

scale: 100,

});

print('Classificatie totaal verstening: ')

print (c);

var STINW17 = NDVI17.lt(0.55).mask(waterkaart17).selfMask().rename('verstening_in_water17')
var STINW21 = NDVI21.lt(0.55).mask(waterkaart21).selfMask().rename('verstening_in_water21')
//Map.addLayer(STINW17, stParams, "STINW17");
//Map.addLayer(STINW21, stParams, "STINW21");

var c = STINW17.addBands(STINW21).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: Plangebied,
  crs: 'EPSG:4326',
  scale: 100,
});

print('Oppervlak waarvan verstening in water: ')
print (c);

// hier worden de totale pixeloppervlakken met water geteld //

var mndwi_filter17 = waterkaart17.selfMask().rename('NDWI17_filter_tellen');
var mndwi_filter21 = waterkaart21.selfMask().rename('NDWI17_filter_tellen');
Map.addLayer(mndwi_filter17, ndwiParams, "2017 NDWI water");
Map.addLayer(mndwi_filter21, ndwiParams, "2021 NDWI water");

var c = mndwi_filter17.addBands(mndwi_filter21).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: Plangebied,
  crs: 'EPSG:4326',
  scale: 100,
});

print('Oppervlak met water: ')
print (c);

// -----
// hier wordt een verschilkaart van groen aangemaakt //

```

//

```
var NDVI17_filter = NDVI17.lt(0.55);
```

```
var NDVI21_filter = NDVI21.lt(0.55);
```

```
var NDVIverschilkaart = NDVI21_filter.subtract(NDVI17_filter);
```

```
NDVIverschilkaart = NDVIverschilkaart.updateMask(NDVIverschilkaart.neq(0));
```

```
Map.addLayer(NDVIverschilkaart, legendagroenafname, "verandering groen oppervlak 2017-2021");
```

// -----

// hier wordt de export plugin aangemaakt //

// Export a geoTIFF to drive

```
Export.image.toDrive({
```

```
  image: NDVIverschilkaart,
```

```
  description: 'NDVIverschilkaart',
```

```
  folder: 'stackExchange',
```

```
  region: Plangebied,
```

```
  fileFormat: 'GeoTIFF'
```

```
});
```

Bijlage III: Ruwe data ClimateScan

Wadi's

Gemeente	Locatie	Wadi's	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen	Houtlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	Begin 2019	22-mei-18
	Houtlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		30-mei-18
	Oosterparallelweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		2-apr-19
	Doctor Nassaulaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		8-apr-20
	Emmastraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		22-jul-20
	Talmstraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		12-jul-21
	Talmstraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		12-jul-21
Arnhem	Gedempte Singel, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi	mrt-21	28-mrt-21
	Presikhaaf, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi	2019	8-apr-21
	Burgemeester Bloemersweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		7-jun-21
	Jr. Schaapmanstraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-apr-21
	Beukenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-mei-18
	Compagnieplaats, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-apr-21
	Infanteriestraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-apr-21
	Apeldoornseweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-apr-21
	Apeldoornseweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-apr-21
	Apeldoornseweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2019	23-mrt-22
	Boterdijk, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		7-jul-21
	Kempersbergerweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		28-sep-21
Den Haag	Reestraat, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		21-mei-21
	Mient, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		17-sep-21
Groningen	Leyweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		3-nov-20
	Rijksweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-dec-21
	Blinkerdlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2021	26-mrt-21
	Gayknastraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-dec-21
	Wedmanstraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		12-okt-21
	Meeroeverslaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		22-jun-21
	Meeroeverslaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		12-okt-21
	De Overtoom, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		27-sep-21
	Eertouw, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		3-jan-19
	Tegenhoeskamp, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2021	11-okt-21
	Hemmenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		7-feb-20
	Gottenburgweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		29-feb-20
	Gottenburgweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-dec-21
	Boterdiep, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2018	30-aug-21
	Crematoriumlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		15-apr-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-okt-21
	Blauwborgje, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		27-jul-20
	Rechtheid, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		20-apr-21
	Emdenweg, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		14-okt-21
	Paddepoelsterweg, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		14-okt-21
	Paddepoelsterweg, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		14-okt-21
	De Grazen, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		14-okt-21
	De Blunders, ClimateScan - Project detail	Beplante wadi		14-okt-21
Haarlem				
s Herthogenbosch	Ophoviuslaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		12-jan-20
	Ophoviuslaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Rompertsebaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Groote Wielenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Groote Wielenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Pauwoogpad, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		17-jan-20
	Duyn en Daelseweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Heijcamp, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
Leeuwarden	Rijksweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	De Opslach, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		31-jul-21
	Groningerstraatweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		19-okt-21
	Lutschedyk, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		19-okt-21
Lelystad	Juckemalaine, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		19-okt-17
Maastricht	Luikerweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		10-nov-21
Middelburg	Belvédèrelaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-5-2019
	Meanderlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2020	2-nov-20
Utrecht	Molenwater, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2019	2-nov-20
	Leuvenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		4-jan-20
	Leuvenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		21-feb-19
	Sorbonnelaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-mrt-20
	Karel Doormanlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		18-sep-18
	Karel Doormanlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		2-feb-20
	Eyckmanlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		2-feb-20
	Livingstonlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		26-mrt-20
	Croeselaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi	2020	6-feb-20
	Gemberweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Woudsenderraklaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Selderiestraat, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		2-feb-20
	Akkrumerraklaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-sep-19
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-nov-19
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		17-apr-19
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		17-apr-19
	Klifrakplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		17-apr-19
	Hélène Swarthplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-sep-19
	Langerakbaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		2-jun-18
	Koolwitteshof, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Koolwitteshof, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Vleutensebaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Kees van Dongensingel, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Jerome Kernplantsoen, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-feb-17
	Alexandre Lecocqsingel, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-aug-19
Zwolle	Bokkeduinenhof, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Beukenburgstede, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Williamsperenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Doyennéperenlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Landschapsbaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Duizendknooplaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-mrt-20
	Rembrandtlaan, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		14-sep-19
	Veldbiezeweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		5-mei-21
Zwolle	Veldbiezeweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-mrt-21
	Voorsterweg, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		16-jun-17
	Oude Wetering, ClimateScan - Project detail	Reguliere wadi		6-mrt-21

Oppervlaktewaterberging & infiltratie

Gemeente	Locatie	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen			
Arnhem			
Den Haag			
Groningen			
Haarlem			
s Herthogenbosch			
Leeuwarden			
Lelystad			
Maastricht			
Middelburg			
Utrecht			
Zwolle			

Waterbergingsgebieden

Gemeente	Locatie	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen	Koopmansplein, ClimateScan - Project detail	2021	21-jun-21
	Witterstraat, ClimateScan - Project detail		8-apr-20
Arnhem	Boerenstraat, ClimateScan - Project detail		18-apr-19
	Kemperbergerweg, ClimateScan - Project detail	2019	14-jun-20
Den Haag	Elzenlaan, ClimateScan - Project detail		21-mei-21
	Slachthuisstraat, ClimateScan - Project detail		21-mei-21
	Tasmanstraat, ClimateScan - Project detail		21-mei-21
	Bisschopstraat, ClimateScan - Project detail		14-jun-20
Groningen	Nesciopark, ClimateScan - Project detail		23-dec-21
	Hooghoudtstraat, ClimateScan - Project detail		9-mrt-21
	Emdenweg, ClimateScan - Project detail		9-mrt-21
	Rigaweg, ClimateScan - Project detail		5-mrt-21
	Gotenburgweg, ClimateScan - Project detail		5-mrt-21
	Peierweg, ClimateScan - Project detail		15-jun-21
	Winschoterkade, ClimateScan - Project detail		19-feb-21
	Morgensterlaan, ClimateScan - Project detail		5-okt-21
	Allgollaan, ClimateScan - Project detail		5-okt-21
	Morgensterlaan, ClimateScan - Project detail		5-okt-21
	Morgensterlaan, ClimateScan - Project detail		5-okt-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		6-okt-21
	Blauwborgje, ClimateScan - Project detail		7-okt-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		6-okt-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		6-okt-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		23-jul-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		29-apr-20
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		14-jun-21
Haarlem			
s Herthogenbosch	De Baken, ClimateScan - Project detail		23-mrt-20
	Bankade, ClimateScan - Project detail		23-mrt-20
Leeuwarden			
Lelystad			
Maastricht	Bieslanderweg, ClimateScan - Project detail		5-feb-18
Middelburg	Driewegenhof, ClimateScan - Project detail	2020	2-nov-20
	Zuidsingel, ClimateScan - Project detail	2019	20-nov-20
Utrecht	Gazellestraat, ClimateScan - Project detail		17-sep-18
	Hélène Swarthplantsoen, ClimateScan - Project detail		14-aug-19
Zwolle			

Groene daken

Gemeente	Locatie	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen	Overcingellaan, ClimateScan - Project detail		30-6-2021
	Weiersstraat, ClimateScan - Project detail		25-10-2017
	Stadsbroek, ClimateScan - Project detail		30-6-2021
	Zwartwatersweg, ClimateScan - Project detail		7-jul-21
	Moezelstraat, ClimateScan - Project detail		22-jun-21
	Hildegard van Bingenweg, ClimateScan - Project detail		30-jun-21
Arnhem	Megenstraat, ClimateScan - Project detail		12-mrt-19
	Velperbinnensingel, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Velperbinnensingel, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Kerkplein, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Koningstraat, ClimateScan - Project detail		17-aug-21
	Sabelspoort, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Rodenburgstraat, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Trans, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Bakkerstraat, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Janslangstraat, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Trans, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Weerdjesstraat, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
Den Haag	Nieuwe Oeverstraat, ClimateScan - Project detail		8-jun-21
	Henriëtte Roland Holstweg, ClimateScan - Project detail		21-mei-21
	Anna van Buerenstraat, ClimateScan - Project detail		7-mei-17
Groningen	Stadhouderslaan, ClimateScan - Project detail		23-jan-20
	Bremenweg, ClimateScan - Project detail		5-apr-21
	Herningweg, ClimateScan - Project detail		15-sep-21
	Helperpark, ClimateScan - Project detail		11-jan-20
	Irislaan, ClimateScan - Project detail		27-nov-21
	Poelestraat, ClimateScan - Project detail		6-nov-21
	Turfsingel, ClimateScan - Project detail		20-jul-21
	Boterdiep, ClimateScan - Project detail		20-jul-21
	Langestraat, ClimateScan - Project detail		31-jan-18
	Gedempte Zuiderdiep, ClimateScan - Project detail		11-dec-18
	Zuiderkerkstraat, ClimateScan - Project detail		12-jun-17
	Emmaplein, ClimateScan - Project detail		30-jun-21
	Reitenmakersrijge, ClimateScan - Project detail		2-sep-21
	Hoge der A, ClimateScan - Project detail		2-sep-21
	Hoekstraat, ClimateScan - Project detail		2-sep-21
	Marwixkade, ClimateScan - Project detail		15-sep-21
	Paterswoldseweg, ClimateScan - Project detail		16-jun-21
	Laan 1940-1945, ClimateScan - Project detail		18-jan-19
	Stadhouderslaan, ClimateScan - Project detail	2021	15-sep-21
	Bessenmoerstraat, ClimateScan - Project detail		1-mei-17
	Noorderkroonstraat, ClimateScan - Project detail		15-sep-21
	Zonnelaan, ClimateScan - Project detail	2019	15-sep-21
	Antaresstraat, ClimateScan - Project detail		15-sep-21
	Nijenborgh, ClimateScan - Project detail		6-okt-21
	Nijenborgh, ClimateScan - Project detail		29-jun-19
	Grouwelerie, ClimateScan - Project detail		23-jun-21
	Zernikelaan, ClimateScan - Project detail		27-jul-19
	Professor Uilkensweg, ClimateScan - Project detail		13-feb-17
	Campinglaan, ClimateScan - Project detail		20-jul-21
	Zuiderweg, ClimateScan - Project detail		15-sep-21
Haarlem	Europaweg, ClimateScan - Project detail		20-sep-17
	De Witstraat, ClimateScan - Project detail		1-mei-21
s Herthogenbosch	Zuidwal, ClimateScan - Project detail		8-sep-21
	Magistratenlaan, ClimateScan - Project detail		13-nov-21
	Waterstraat, ClimateScan - Project detail		10-jul-21
	Ackersdijkstraat, ClimateScan - Project detail	2017	4-mrt-17
Leeuwarden	Aldânsdyk, ClimateScan - Project detail		16-okt-17
	Oostergoweg, ClimateScan - Project detail		6-aug-21
	Maria Louisastraat, ClimateScan - Project detail		31-jul-20
	Reviusstraat, ClimateScan - Project detail		19-okt-17
	Petterhuisterdyk, ClimateScan - Project detail		17-okt-17
Lelystad	Zuigerplasdreef, ClimateScan - Project detail		5-mrt-20
Maastricht			
Middelburg			
Utrecht	Croeselaan, ClimateScan - Project detail	2020	12-mrt-21
	Rijksweg 2, ClimateScan - Project detail		14-feb-17
	Centrumboulevard, ClimateScan - Project detail		5-sep-19
	t Zand, ClimateScan - Project detail		3-nov-20
Zwolle	Pauwoogvliender, ClimateScan - Project detail		14-feb-17
	Pommerenstraat, ClimateScan - Project detail		14-jul-21
	Maatgravenweg, ClimateScan - Project detail		6-okt-21
	Filosofenallee, ClimateScan - Project detail		2-aug-20
	Pilotenlaan, ClimateScan - Project detail		24-jun-21
	Sportlaan, ClimateScan - Project detail		3-apr-17

Waterpleinen

Gemeente	Locatie	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen			
Arnhem			
Den Haag			
Groningen			
Haarlem			
s Herthogenbosch			
Leeuwarden			
Lelystad			
Maastricht			
Middelburg			
Utrecht			
Zwolle			

Verwijderen verharding Operatie Steenbreek

Gemeente	Locatie	Realisatiejaar	Toegevoegd aan Climatescan
Assen			
Arnhem	Gele Rijders Plein, ClimateScan - Project detail	2019	26-10-2021
Den Haag			
Groningen	De Deimten, ClimateScan - Project detail		7-jan-19
	Aweg, ClimateScan - Project detail		19-jan-19
Haarlem			
s Herthogenbosch			
Leeuwarden			
Lelystad			
Maastricht			
Middelburg	Sint Pieterstraat, ClimateScan - Project detail		2-nov-20
Utrecht	Van Riebeeckstraat, ClimateScan - Project detail	2020	18-sep-20
Zwolle	Katwolderweg, ClimateScan - Project detail		14-feb-18

Bijlage IV: Ruwe data Google Earth Engine

Assen		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
13.649.490				
	2017	2021		
Classificatie groen	2059	2079		
Groen in water	436	446		
Totaal groen	1623	1633		
Classificatie verstering	212	192		
Verstering in water	46	36		
Totaal verstering	166	156		
Totaal wateroppervlak	482	482		
Totaal oppervlak	2271	2271		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	71,5%	71,9%	0,4%	6
% verhard	7,3%	6,9%	-0,4%	-6
% water	21,2%	21,2%	0,0%	0

Arnhem

Invoerparameter

Oppevlak van het plangebied in m2

45.602.438

	2017	2021
Classificatie groen	6291	6300
Groen in water	1675	1696
Totaal groen	4616	4604
Classificatie versterking	1100	1091
Versterking in water	332	311
Totaal versterking	768	780
Totaal wateroppervlak	2007	2007
Totaal oppervlak	7391	7391

Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	62,5%	62,3%	-0,2%	-7
% verhard	10,4%	10,6%	0,2%	7
% water	27,2%	27,2%	0,0%	0

Den Haag		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
78379685,74				
	2017	2021		
Classificatie groen	8343	8543		
Groen in water	3512	3657		
Totaal groen	4831	4886		
Classificatie verstening	4382	4391		
Verstening in water	1195	1259		
Totaal verstening	3187	3132		
Totaal wateroppervlak	4707	4707		
Totaal oppervlak	12725	12725		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	38,0%	38,4%	0,4%	34
% verhard	25,0%	24,6%	-0,4%	-34
% water	37,0%	37,0%	0,0%	0

Groningen		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
36696894,69				
	2017	2021		
Classificatie groen	5082	5032		
Groen in water	1681	1671		
Totaal groen	3401	3361		
Classificatie verstening	1032	1082		
Verstening in water	325	333		
Totaal verstening	707	749		
Totaal wateroppervlak	2006	2004		
Totaal oppervlak	6114	6114		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	55,6%	55,0%	-0,7%	-24
% verhard	11,6%	12,3%	0,7%	25
% water	32,8%	32,8%	0,0%	-1

Haarlem		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
29.031.329				
	2017	2021		
Classificatie groen	3437	3519		
Groen in water	997	1035		
Totaal groen	2440	2484		
Classificatie verstening	1320	1237		
Verstening in water	321	278		
Totaal verstening	999	959		
Totaal wateroppervlak	1318	1314		
Totaal oppervlak	4757	4757		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	51,3%	52,2%	0,9%	27
% verhard	21,0%	20,2%	-0,8%	-24
% water	27,7%	27,6%	-0,1%	-2

's Herthogenbosch		Invoerparameter	
Oppevlak van het plangebied in m2			
31745339,11			
	2017	2021	
Classificatie groen	3966	4051	
Groen in water	1430	1467	
Totaal groen	2536	2584	
Classificatie verstening	1158	1073	
Verstening in water	379	343	
Totaal verstening	779	730	
Totaal wateroppervlak	1809	1810	
Totaal oppervlak	5124	5124	
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]
% groen	49,5%	50,4%	0,9%
% verhard	15,2%	14,2%	-1,0%
% water	35,3%	35,3%	0,0%
Verandering [ha 10.000 m2]			
			30
			-30
			1

Leeuwarden		Invoerparameter	
Oppevlak van het plangebied in m2			
20272754,86			
	2017	2021	
Classificatie groen	2717	2705	
Groen in water	991	993	
Totaal groen	1726	1712	
Classificatie verstening	672	685	
Verstening in water	209	207	
Totaal verstening	463	478	
Totaal wateroppervlak	1200	1200	
Totaal oppervlak	3389	3390	
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]
% groen	50,9%	50,5%	-0,4%
% verhard	13,7%	14,1%	0,4%
% water	35,4%	35,4%	0,0%

Lelystad	Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2			
15832144,96			
	2017	2021	
Classificatie groen	2398	2330	
Groen in water	814	805	
Totaal groen	1584	1525	
Classificatie verstening	193	261	
Verstening in water	23	32	
Totaal verstening	170	229	
Totaal wateroppervlak	837	837	
Totaal oppervlak	2591	2591	
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]
% groen	61,1%	58,9%	-2,3%
% verhard	6,6%	8,8%	2,3%
% water	32,3%	32,3%	0,0%

Maastricht

Invoerparameter

Oppevlak van het plangebied in m2

39.845.013

	2017	2021
Classificatie groen	5094	5307
Groen in water	343	338
Totaal groen	4751	4969
Classificatie verstening	1222	1009
Verstening in water	231	235
Totaal verstening	991	774
Totaal wateroppervlak	574	573
Totaal oppervlak	6316	6316

Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	75,2%	78,7%	3,5%	138
% verhard	15,7%	12,3%	-3,4%	-137
% water	9,1%	9,1%	0,0%	-1

Middelburg		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
10905202,33				
	2017	2021		
Classificatie groen	1543	1540		
Groen in water	400	398		
Totaal groen	1143	1142		
Classificatie verstening	203	206		
Verstening in water	71	72		
Totaal verstening	132	134		
Totaal wateroppervlak	471	470		
Totaal oppervlak	1746	1746		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	65,5%	65,4%	-0,1%	-1
% verhard	7,6%	7,7%	0,1%	1
% water	27,0%	26,9%	-0,1%	-1

Utrecht		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
60882458,36				
	2017	2021		
Classificatie groen	7715	7866		
Groen in water	2615	2671		
Totaal groen	5100	5195		
Classificatie verstening	2179	2028		
Verstening in water	422	366		
Totaal verstening	1757	1662		
Totaal wateroppervlak	3037	3037		
Totaal oppervlak	9894	9894		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	51,5%	52,5%	1,0%	58
% verhard	17,8%	16,8%	-1,0%	-58
% water	30,7%	30,7%	0,0%	0

Zwolle		Invoerparameter		
Oppevlak van het plangebied in m2				
25.472.893				
	2017	2021		
Classificatie groen	3549	3543		
Groen in water	1325	1327		
Totaal groen	2224	2216		
Classificatie verstening	627	633		
Verstening in water	192	190		
Totaal verstening	435	443		
Totaal wateroppervlak	1517	1517		
Totaal oppervlak	4176	4176		
Gebiedstype	2017	2021	Verandering [+]	Verandering [ha 10.000 m2]
% groen	53,3%	53,1%	-0,2%	-5
% verhard	10,4%	10,6%	0,2%	5
% water	36,3%	36,3%	0,0%	0

Bijlage V: Uitwerking brainstormsessie 2

Brainstormsessie 2 klimaatadaptatie Nederlandse provinciehoofdsteden - 30 mei 2022

Geleid door: Gerrelt Bronkhorst, afstudeerder bij Antea Group

Aanwezig: *Participant gemeente Haarlem* namens gemeente Haarlem, *participant gemeente Arnhem* namens gemeente Arnhem, *participant gemeente Den Haag* namens gemeente Den Haag, *participant gemeente Utrecht* namens gemeente Utrecht, *participant gemeente Lelystad* namens gemeente Lelystad, *participant gemeente Leeuwarden* namens gemeente Leeuwarden, Janna Sinke namens Antea Group, *participant gemeente 's-Hertogenbosch* namens gemeente 's Hertogenbosch

Google Earth Engine

Na een korte voorstelronde en een toelichting van de onderzoeks-achtergronden, methodiek en stand van zaken werd het script toegelicht dat is geschreven in Google Earth Engine (GEE). Aan de hand van satellietbeelden zijn met behulp van GEE de oppervlaktes groen, versterking en water van de Nederlandse provinciehoofdsteden inzichtelijk gemaakt. Vervolgens is transformatie van oppervlaktes groen/steen/water in de periode van 2017-2021 berekend.

Groene daken

Daar kwam een vraag uit voort van **participant gemeente Haarlem**. Hij vroeg zich af of het wel te verantwoorden is dat groene daken niet meer onder verhard oppervlak vallen, als ze in de geanalyseerde periode zijn getransformeerd van grijs naar groen dak. 'Groen' dak blijft immers 'dak', wat betekent dat er nog steeds sprake zijn van regenwateroverlast.

- ➔ Goed punt, maar kijkend naar alles wat in de gehanteerde definitie onder klimaatadaptatie valt (daarbij wordt ook biodiversiteit betrokken) kan gesteld worden dat een groen dak een positieve invloed heeft bij klimaatadaptatie aangezien daarmee hittestress wordt gereduceerd. Daarnaast heeft een groen dak een bufferende werking tijdens heftige neerslag, die minder groot is als bij openbaar groen.

Transformatie van gebiedsgebruik

Tijdens het tonen van de gegevens van gemeente Arnhem werd door **participant gemeente Arnhem** de vraag gesteld hoe het zit met versterking in buitengebied in relatie tot in ontwikkeling zijnde Vinex-wijken. In binnenstedelijk gebied kan er best wat zijn vergroend, terwijl aan de buitenrand geregeld een stukje weiland wordt afgesnoept ten behoeve van de woningbouw. Deze Vinex-locaties kunnen juist uitermate klimaatadaptief zijn ingericht. Daarnaast is het gevaarlijk om op basis van een bulk-data analyse harde conclusies te trekken.

- ➔ Uiteindelijk is er een grofmazige analyse uitgevoerd, wat voordelen heeft, maar daarnaast zeker ook nadelen kent. Het is inderdaad mogelijk dat positieve en negatieve ontwikkelingen op diverse locaties elkaar opheffen, maar in de GEE-analyse gaat het om het uiteindelijke totaalbeeld en niet om ontwikkelingen op buurtniveau. De benchmarking zeg niet exact wat waar gedaan is aan klimaatadaptatie, maar probeert een antwoord te geven op de vraag waar steden ten opzichte van elkaar staan.

ClimateScan

Daarnaast gingen we in op het gebruik van ClimateScan.nl en de daaraan verbonden mankementen. ClimateScan is een open-source dataplatform waarbij willekeurige personen een account kunnen aanmaken en data kunnen invoeren. De vraag is dan in hoeverre deze data accuraat dan wel representatief te noemen is (voorbeeld Arnhem: in afgelopen twee jaar is ongeveer 8000 m² groene dak gerealiseerd, tegenover 13 in ClimateScan geregistreerde daken over een periode van 5 jaar).

- ➔ Het is aannemelijk dat niet alle wadi's, groene daken en waterpleinen in ClimateScan worden toegevoegd. Omdat het echter een open-source platform is, in elke provinciehoofdstad mensen wonen én die mensen daadwerkelijk data kunnen toevoegen, mag worden aangenomen dat het mankement tussen de diverse steden uitgemiddeld wordt; er wordt aangenomen dat de mankementen in dezelfde mate gelden voor alle locaties.

Verwerking uitkomsten

Verder was het niet volledig helder welke actie er aan de resultaten zal worden gekoppeld. In ClimateScan bijvoorbeeld zouden mogelijk alleen pareltjes van wadi's of groene daken zijn ingevoerd, terwijl andere aanpassingen daar niet op zijn ingevoerd. Moet vervolgens het beleid op de uitkomsten van de kwantitatieve analyse worden aangepast?

- ➔ Het doel van de analyse is het inzichtelijk maken van klimaatadaptatie in een periode van 5 jaar. Uit de analyse zal dan blijken hoe steden ten opzichte van elkaar staan. Aan de hand van de resultaten die uit (mogelijk) vervolgonderzoek komen, kunnen pas bepaalde activistische conclusies worden afgeleid. Het is dus nadrukkelijk niet de bedoeling dat er aan de kale benchmarking direct harde conclusies worden verbonden.

Afstelling NDVI-waarde

Daarnaast bracht **participant gemeente Leeuwarden** in dat het percentage vergroening ten opzichte van het percentage versterking en water wel erg groot is.

- ➔ Dit is het resultaat van de afstemming van de NDVI-waarde; de waarde die onderscheid maakt in de diverse lichtgolflengtes en dientengevolge de classificering kan nog nader worden gefinetuned. Verder speelt mee dat de GEE-analyse aan de hand van luchtfoto's is uitgevoerd, waarbij beelden zijn verwerkt van de maanden april tot en met oktober. Tijdens (het grootste deel van) deze periode staan de bomen in blad, wat betekent dat vanaf boven gezien de oppervlakte groen waar bomen staan aanzienlijk is. Bij 'groen oppervlak' zijn dus niet slechts alle boomspiegel gecalculeerd, maar de oppervlakte van de boomkruinen vanaf boven gezien. Dit leidt daardoor ook tot een vrij groot oppervlakte groen.

Doel van de uitkomsten

Verder werd er geopperd dat het verstandig kan zijn om klimaatadaptatie op wijk-/buurniveau te analyseren in plaats van zo grootschalig en ongedetailleerd als momenteel het geval is (een ambtenaar kan vaak ook nog wel de plaats aanwijzen waar gebouwd is). Er is daarentegen juist vraag naar een methode waarmee de ontwikkeling van klimaatadaptatie inzichtelijke kan worden gemaakt; er is sprake van een monitoringsprobleem. Er is behoefte aan een antwoord op de vraag of alle geleverde inspanningen op het gebied van klimaatadaptatie ook daadwerkelijk naar het gewenste doel hebben geleid.

Participant gemeente Lelystad vroeg zich hierbij af of hetgeen nu wordt gedaan een *doel* of een *middel* is. Wat is precies het probleem (is er überhaupt een probleem) en wat gaat helpen bij het inzichtelijk van de oplossing? Verwordt dit onderzoek nu niet een doel op zich en schiet het z'n functie als middel voorbij? Hier sloot **participant gemeente Leeuwarden** zich bij aan, terwijl hij zich afvroeg of het wel de bedoeling is om met een bepaald soort data een 'wedstrijd' te creëren van vergroenen. Volgens hem is er echter wél een monitoringsprobleem: het monitoren van doelen of inzichtelijk maken van wat gedaan moet worden voor het bereiken van de klimaatdoelstellingen. **Participant gemeente Utrecht** was het daarmee eens. Hij zou graag willen weten of bepaald beleid daadwerkelijk effect heeft gehad. Je wilt graag kunnen monitoren of alle inspanningen ergens toe leiden. Zetten ze daadwerkelijk zoden aan de dijk? Ook **participant gemeente Arnhem** sloot zich hierbij aan, terwijl hij zich afvroeg of dit soort metadata wel geschikt zijn om de voortgang van klimaatadaptatie te kunnen monitoren.

'Reflectie' in plaats van oppervlakte

Participant gemeente Haarlem adviseerde om de oppervlaktes niet te verwoorden als 'percentage absolute oppervlaktes', maar om te vermelden dat het om reflectie-percentages gaat.

- ➔ Dit is een goed punt, aangezien de weergegeven oppervlaktes slechts voortkomen uit de reflectie van lichtgolflengtes. Dan is het overhaast om te stellen dat het daadwerkelijk deze oppervlaktes betreft. Daarmee wordt het relatief grote aandeel groen tegelijkertijd beter verklaarbaar, aangezien het hierbij gaat om reflectie van het groen en niet om beplante groene oppervlaktes.

Herkomst data

Daarnaast opperde **participant gemeente Leeuwarden** om kritischer te zijn op de gebruikte databronnen. Momenteel is er veel aandacht besteed aan GEE, terwijl er wellicht ook andere technieken of datasets beschikbaar zijn waar meer informatie uit te halen valt en die op een andere manier ook betrouwbaar zijn.

- ➔ Tijdens de resterende onderzoeksperiode zal op zoek worden gegaan naar aanvullende databronnen. Ingeval deze niet afdoende zullen blijken te zijn, zal bovenstaand advies worden meegenomen bij het opstellen van aanbevelingen en zal aan de hand van dit advies worden gewezen op het belang van vervolgonderzoek.

Bijlage VI: Percentage objecten ClimateScan per provinciehoofdstad

Gemeente	Reguliere wadi's	Beplante wadi's	Oppwaterb & inf	Waterbergings gebieden	Groene daken	Waterpleinen	Verwijderen verh OS
Assen	7%	14%	0%	6%	8%	0%	0%
Arnhem	12%	14%	0%	6%	18%	0%	17%
Den Haag	2%	0%	0%	12%	4%	0%	0%
Groningen	18%	71%	0%	55%	40%	0%	33%
Haarlem	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
's-Hertogenbosch	10%	0%	0%	6%	5%	0%	0%
Leeuwarden	4%	0%	0%	0%	7%	0%	0%
Lelystad	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Maastricht	2%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
Middelburg	2%	0%	0%	6%	0%	0%	17%
Utrecht	37%	0%	0%	6%	7%	0%	17%
Zwolle	5%	0%	0%	0%	7%	0%	17%

Bijlage VII: Aanvulling script voor filteren buurten

Voor het selecteren van buurten de eerste twee regels van het huidige script vervangen door onderstaande regels. Op de ... achter GM_NAAM evenals nu de gemeentenaam invoeren, op de ... achter WK_CODE de buurtcode uit de *buurt_2021_v1* invullen.

```
var maineCounties = ee.FeatureCollection ('projects/earthengine-legacy/assets/users/v/buurt')  
  
.filter(ee.Filter.eq('GM_NAAM', '...'))  
  
.filter(ee.Filter.lt('STED',3))  
  
.filter(ee.Filter.gt('BEV_DICHTH', 500))  
  
.filter(ee.Filer.eq('WK_CODE', '...'))
```